

Markus Gran

Das XML-basierte GPS Format zum Austausch von Geodaten

eingereicht als

DIPLOMARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA (FH)

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fachbereich Mathematik/ Physik/ Informatik

Mittweida, 2009

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. biol. hum. Rudolf Stübner

Zweitprüfer: Prof. Dr. -Ing. Mario Geißler

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

Zusammenfassung

Bibliographische Beschreibung:

Gran, Markus:

Das XML-basierte GPS Format zum Austausch von Geodaten. - 2009. - 102 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fachbereich Informatik, Diplomarbeit, 2009

Referat:

Die Extensible Markup Language (XML) hat sich längst vom Image des Alleskönners zu einer breit genutzten Grundlage für den Datenaustausch (z.B. raumbezogener Daten) entwickelt. Einerseits steht die Transparenz, die XML so flexibel einsetzbar macht, andererseits die definierte Spezialisierung im Zuge detaillierter Aufgabenstellungen, die auf den ersten Blick etwas widersprüchlich erscheint, aber dennoch als großer Gewinn hervorgeht.

In diesem Fall bestand die Anforderung, mit Hilfe des *XML-basierten GPS Exchange Formats (GPX)* als Datenformat, den Austausch von Geodaten zu gestalten, um zu zeigen, daß sich mit *GPX* eine fehlende Interoperabilität bewerkstelligen lässt. Die Arbeit thematisiert den Mangel, daß der komplexe Rahmen der Geoinformationssysteme keine genormten Schnittstellen zum Austausch von Geoinformationen (GPS-Daten) bereitstellt. In diesem Zusammenhang dient eine Oracle Datenbank mit der Erweiterung *Spatial Cartridge (Speicherung raumbezogener Daten)* zur dauerhaften Speicherung der Geodaten. Deren Datenbankschema Oracle Spatial bietet auf der Grundlage von ISO-Normen die Möglichkeit, Geodaten barrierefrei abzuspeichern. Eine Java-Applikation schlägt den Bogen zu beiden Schwerpunktthematiken, indem sie die geographischen Informationen dem Anwender bereitstellt.

Diese Diplomarbeit greift das offene, lizenzfreie Konzept GPX auf und stellt mit alternativen Kommunikationsschnittstellen eine Verbindung zu Oracle Spatial her.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
Quellcodeverzeichnis	IX
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Einführung und Überblick	2
2.1 Geographische Informationssysteme	2
2.1.1 Entstehung und Entwicklung von GIS	2
2.1.2 Aufbau von Geoinformationssystemen	5
2.1.3 Eigenschaften von Geodaten	7
2.1.4 Vektordaten und Rasterdaten	8
2.1.5 Räumliche Bezugssysteme	12
2.1.6 Entwicklung hin zu standardisierten Geoinformationssystemen . .	22
2.2 Geodatenerfassung	29
2.2.1 GPS	29
2.2.2 GPS-Begriffswelt	30
2.2.3 Datenformate zur Erfassung von Geoinformationen	32
2.2.4 Kartenmaterial zur Erfassung von Geoinformationen	34
2.3 Geo-Datenbanksysteme	34
2.3.1 Aufbau von Datenbanksystemen	35
2.3.2 Allgemeine Grundlagen	35
2.3.3 Datenbank-Schema	38
2.3.4 Datenspeicherung räumlicher Objekte	39
2.3.5 Objektrelationale Datenbanksysteme	39
2.3.6 Anforderungen an Geodatenbanksysteme	40
2.3.7 Oracle spezifisch	41
2.4 Fazit	43

3	GPX und XML	44
3.1	Datenaustausch auf Basis von XML	44
3.2	GPX-Daten verpackt in XML	45
3.2.1	XML-Schema	48
3.2.2	XML-Namensraum	51
3.2.3	GPX-Struktur	52
3.3	Projektentwicklung	55
3.3.1	Problemstellung	56
3.3.2	JAXB im Überblick	58
3.3.3	JAXB-Umsetzung	59
3.4	Fazit	63
4	Datenbankschema von ORACLE Spatial	64
4.1	Geometrieschema	65
4.2	Datenmodell	71
4.3	Projektentwicklung	74
4.3.1	Problemstellung	74
4.4	Fazit	76
5	Projekt	77
5.1	Verwendete Software	77
5.2	Ausgangsszenario	78
5.3	Pflichtenheft	78
	Glossar	X
	Anlagen	XIII
	Internetverzeichnis	XIV
	Literaturverzeichnis	XIX
	Stichwortverzeichnis	XXI

Abbildungsverzeichnis

2.1	Aufbau GIS	5
2.2	Eigenschaften von Geodaten	7
2.3	Vektormodell	9
2.4	Rastermodell	10
2.5	Geographische Koordinaten	13
2.6	Geographisches und projiziertes Koordinatensystem	14
2.7	Einteilung der Erde mittels UTM-Gitternetz	17
2.8	UTM-Gitternetz für Deutschland	18
2.9	Kartenmaterial von Prof. Stübner	19
2.10	UTM-Gitter am Beispiel von Kartenmaterial	20
2.11	Hauptpakete der Spezifikation Feature-Geometry-Modell	25
2.12	Geometrieschema des Simple-Feature-Modells Part 2: SQL Option	27
2.13	Geometrieschema von SQL/MM Spatial	28
2.14	Aufbau eines Datenbanksystems	35
2.15	Datenbank-Schema	38
3.1	GPX-Struktur ²⁴	52
3.2	extensionsType aus der XSD-Datei ²⁵	54
3.3	Garmin - WaypointExtension ²⁶	54
3.4	Problemstellung Projektentwicklung GPX->Java	56
3.5	Gesamtkonzept des Projekts	57
3.6	Java Architecture for XML Binding (JAXB) ²⁹	59
4.1	Oracle Spatial - primitive Geometrieelemente	66
4.2	Ergebnis der SQL-Anfrage aus Listing 4.3	71
4.3	Datenmodell	72

Abkürzungsverzeichnis

0-D	dimensionslos
1-D	eindimensional
2-D	zweidimensional
2.5-D	zweieinhalbdimensional
3-D	dreidimensional
4-D	vierdimensional
ACID	Atomicity, Consistency, Isolation, Durability
API	Application Programming Interface
BLOB	Binary Large Object
CGIS	Canada Geographic Information System
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DBS	Datenbanksystem
DCL	Data Control Language
DDL	Data Definition Language
DML	Data Manipulation Language
DOM	Document Object Model
DQL	Data Query Language
EPSG	European Petroleum Survey Group Geodesy
EVAP	Erfassung-Verwaltung-Analyse-Präsentation
GIS	Geographisches Informationssystem
GML	Geography Markup Language
GPS	Global Positioning System
GPX	GPS eXchange Format
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
JAXB	Java Architecture for XML Binding
JCP	Java Community Process
JDBC	Java Database Connectivity
KIS	Kommunales Informationssystem
KML	Keyhole Markup Language
KMZ	Keyhole Markup Language with ZIP Compression
LIS	Landinformationssysteme

Abkürzungsverzeichnis

MD	Multidimension (Oracle)
NIS	Netzinformationssystem
OGC	Open Geospatial Consortium
OGP	International Association of Oil & Gas Producers
OSM	OpenStreetMap
POJO	Plain Old JavaObject
RDBMS	relationales Datenbankmanagementsystem
S&P	Surveying and Positioning Committee
SAX	Simple API for XML
SC	Spatial Cartridge
SDO	Oracle Spatial Data Option
SFA	Simple Feature Access
SFS	Simple Features Interface Standard
SQL/MM	SQL Multimedia and Application Packages
SVG	Scalable Vector Graphics
TC	Technische Komitee
UML	Unified Modeling Language
UTM	Universal Transverse Mercator
W3C	World Wide Web Consortium
WGS 84	World Geodetic System 1984
WKB	Well-Known Binary
WKT	Well-Known Text
XJC	XML-to-Java-Compiler
XML	Extensible Markup Language
XSLT	Extensible Stylesheet Language Transformation

Tabellenverzeichnis

2.1	Vor- und Nachteile eines Rastermodells	11
2.2	Vor- und Nachteile eines Vektormodells	12
2.3	Beispielkoordinaten in Grad° Bogenminuten' Bogensekunden"	15
2.4	Beispielkoordinaten in Dezimalgrad	15
2.5	Beispielkoordinaten in Grad° Bogenminuten'	16
2.6	Oracle Datentypen	41
2.7	Oracle Constraints	42
4.1	Oracle Spatial - SDO_GTYPE	67
4.2	Oracle Spatial - SDO_ELEM_INFO und SDO_ORDINATES	69
5.1	Aufstellung verwendeter Software	77
5.1	Inhalt und Ordnerstruktur der CD-ROM	XIII

Quellcodeverzeichnis

3.1	GPX-Datei - Komotauer Land	46
3.2	XML-Deklaration	47
3.3	Attribute im GPX Wurzelement	47
3.4	Definition des Namensraums	48
3.5	Deklaration des Namensraums	48
3.6	Schemadefinition	49
3.7	XSD-Datei von Topografix	50
3.8	Waypoint - Komotauer Land	53
3.9	JAXB - Generierung der Klassen aus dem XSD-Schema	60
3.10	JAXB - generierten Klassen mit Getter- und Setter-Methoden	61
3.11	JAXB - Unmarshal-Prozess	62
4.1	Oracle Spatial - Klasse SDO_GEOMETRY	66
4.2	Oracle Spatial - Attribut SDO_POINT	68
4.3	Oracle Spatial - SQL-Statement von SDO_POINT	70
4.4	Oracle Spatial - SQL-Statement von SDO_ORDINATES	73

1 Einleitung und Zielsetzung

Der Einstieg in das Thema GIS (Geographische Informationssysteme) dieser Arbeit beginnt mit einer kleinen geschichtlichen Rückblende auf die Anfänge dieser Technologie. Das Anzeigen räumlicher Informationen hat seinen Ursprung noch vor dem Zweiten Weltkrieg. Die Grundidee bestand damals darin, mittels Satelliten ein Navigationssystem aufzubauen, das den Standort von Luftfahrzeugen ermitteln soll. Diese Inspiration des deutschen Ingenieurs Karl Hans Janke wurde am 11. Mai 1939 in Berlin als Patent angemeldet [WIKI01].

Geoinformationssysteme finden heutzutage in einer Vielzahl von Institutionen, wie beispielsweise beim Umweltschutz, im Verkehrs- und Vermessungswesen sowie in vielen Bereichen der Wirtschaft Anwendung. Die jahrelange Entwicklung spezieller Einzelösungen der Hersteller machten deutlich, daß eine nahtlose Einbettung in bestehende IT-Infrastrukturen kaum realisierbar war. Anfangs läßt es sich dahingehend begründen, daß unzureichende Ansätze hinsichtlich der Speicherung von Geoinformationen in Standardanwendungen fehlten. Der technische Fortschritt löste viele Hürden, aber die stagnierende Kooperation der einzelnen Technologieträger verhinderte lange Zeit eine Verschmelzung bereits vorhandener Lösungen. Diese Tatsache führt uns zum Kernpunkt dieser Arbeit, die auf der Entwicklung hin zu offenen Geoinformationssystemen aufbaut, die eine Ablösung der dateibezogenen Datenhaltung durch standardisierte Geodatenbanksysteme wie Oracle Spatial einleitete. Die Verwaltung sowie der Austausch von Geodaten zwischen unterschiedlichen Systemen wurden vereinfacht.

Dieser Erfolg spiegelt sich im Titel dieser Diplomarbeit wieder. Das *GPS eXchange Format* (kurz *GPX*), ein Datenformat zur Speicherung von Geodaten, das von der Firma TopoGrafix entwickelt wurde und die „*Spatial Cartridge Option (SC)*“ von ORACLE sind Entwicklungen oder vielmehr Standards, die daraus entstanden sind [WIKI02, BRINK08]. Die nun folgenden Kapitel beginnen mit einem einführenden theoretischen Teil, der das Themengebiet GIS näherbringt. Danach folgen die Schwerpunktthemen GPX als XML-basiertes Datenformat und *Oracle Spatial*, die die Vorteile der Repräsentation von Geoinformationen darlegen, bis hin zum praktischen Teil, der die Schwerpunktthematik aufarbeiten und anhand einer Java-Applikation verdeutlichen soll.

2 Einführung und Überblick

2.1 Geographische Informationssysteme

2.1.1 Entstehung und Entwicklung von GIS

Die Definition zum Begriff *Informationssystem* ist ein Grundbaustein der Informatik und dient auch als Ausgangspunkt dieser Arbeit.

„Ein *Informationssystem* dient der rechnergestützten Erfassung, Speicherung, Verarbeitung, Pflege, Analyse, Benutzung, Verbreitung, Disposition, Übertragung und Anzeige von Information bzw. Daten. Es besteht aus Hardware (Rechner oder Rechnerverbund), Datenbank(en), Software, Daten und dient der optimalen Bereitstellung von Informationen.“ [WIKI03]

„Ein *Geoinformationssystem* (engl. *Geographic Information System*, kurz *GIS*) stellt ein Informationssystem zur Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Darstellung von räumlichen Daten dar.“ [BRINK08, BILL99]

„Geodaten sind digitale Informationen, welchen auf der Erdoberfläche eine bestimmte räumliche Lage zugewiesen werden kann (Geoinformationen, Geobezug).“ [WIKI04] Es findet eine Gliederung in *Geobasisdaten*, welche die Landschaft beschreiben, und in *Geofachdaten*, raumbezogene Daten statt. Ein weiterer Bestandteil sind *Metadaten*, die beschreibende Informationen über andere Daten (Geodaten) enthalten.

„Ein geographisches Objekt ist ein materielles oder ideelles Phänomen der Realität, wie es durch ein Subjekt wahrgenommen und interpretiert wird. Die Definition erfolgt im fachspezifischen - geowissenschaftlichen Kontext. Die Vorsilbe geo- impliziert die Notwendigkeit eines Raumbezugs auf der Erde, die Vorsilbe topo- den Bezug auf die Erdoberfläche.“ [GEOIS01]

Geoinformationssysteme gab es im gewissen Sinne schon in der Antike in Form von Karten, die zur Landerfassung und -aufteilung dienten. Und heute wie damals faszinierte es die Menschen, mit diesen Hilfsmitteln mehr über die nähere und weitere Umgebung zu erfahren. Man könnte sagen, aus der Not heraus entstand in Kanada das erste Geoin-

formationssystem, kurz *CGIS (Canada Geographic Information System)*, der Welt. Das riesige Land im Vergleich zu Deutschland benötigte etwa 3.000 Kartenblätter, um es forst- und landwirtschaftlich zu klassifizieren. Die Computertechnologie stand noch am Anfang und war kaum bezahlbar. Aber trotz der technischen Neuerungen und der Weiterentwicklungen der Folgejahre im Bereich Hard- und Software hielten die Hersteller bis in die 1990er Jahre an ihren eigenen, isolierten Bausteinen zur Realisierung von GIS-Produkten fest. Hintergrund dieser Schilderung ist der Mangel, der über Jahre hinweg praktiziert wurde, auf bereits existierende standardisierte Komponenten und Systeme aufzubauen.

Die Bedeutung und Anforderungen an ein Geoinformationssystem sind natürlich aufgrund der Industrialisierung der letzten Jahrzehnte mit zunehmendem Maße gestiegen. Entscheidungen für komplexe Aufgabenstellungen müssen mit präzisen und kurzen Antwortzeiten gefällt werden. Die Informationsflut in Bezug auf raumbezogene Daten, die durch den stetig steigenden Bedarf aus Wissenschaft und Wirtschaft abgefragt wird, konnte wiederum nur durch den enormen Entwicklungszuwachs der Computertechnologie ermöglicht werden. Nachfolgend sind nur einige Ausprägungen und Geschäftsfelder von Geographischen Informationssystemen aufgelistet.

- Landinformationssysteme (LIS):
Ein in der Regel von Vermessungsbehörden aufgebautes, gepflegtes und genutztes System [WIKI05].
- Kommunales Informationssystem (KIS):
Das KIS wird auf kommunaler Ebene eingesetzt und greift nachhaltig auf Daten des LIS zu, um bspw. dem Mitarbeiter einer Kommune Zugriff auf Informationen zu einem Flurstück zu liefern [WIKI05].
- Netzinformationssystem (NIS):
Ein Netzinformationssystem (NIS) gibt Ver- und Entsorgungsunternehmen Aufschluß darüber, wo welche Leitungen für Gas, Wasser und Strom zu finden sind.
- Google Earth:
„Mit Google Earth kann man um die Welt fliegen, Satellitenbilder, Karten, Geländedeformationen und 3D-Gebäude betrachten.“ [WIKI06]

- Hobby und Freizeit:

„OpenStreetMap (OSM) ist ein Projekt mit dem Ziel, eine freie Weltkarte zu erschaffen.“ [OSM] Mit Hilfe von GPS-Geräten werden Spatial (raumbezogene)-Daten in Form von Waypoints, Routes oder Tracks aufgezeichnet, um zum Beispiel Eisenbahnen, Flüsse und Wälder zu erfassen. Die OpenStreetMap Daten sind für jeden lizenzkostenfrei erhältlich und anstatt Daten zu sammeln, können diese auch am Wochenende zum GPS-Wandern genutzt werden.

- The World Dubai:

Das größte Landgewinnungsprojekt der Welt - „The World Dubai baut die ganze Welt als Inseln nach. Diese Megainsel soll aus 300 kleinen Inseln bestehen, wo dann jede Insel ein Land wie z.B. Deutschland darstellen soll.“ [RWO]

Die obige Auswahl der aufgeführten Punkte ist bewußt so gewählt, um damit einerseits die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten beleuchten zu können, andererseits erschließt diese Thematik mittlerweile auch solche Anwendungsfelder, in denen ein Geoinformationssystem, einfach gesagt, eines unter vielen wird. Die isolierte Rolle, die so ein System beispielsweise in Vermessungsbehörden einnimmt, fällt damit weg. Der Zugang für die breite Masse von Interessenten und potentiellen Nutzern wurde somit freigegeben. Dafür gibt es seit Mitte der 1990er Jahre ein Synonym namens *OpenGIS*¹, eine internationale Organisation, deren Mitglieder sich u.a. aus den Reihen der Wirtschaft und der Forschung zusammensetzen. Zweck dieser Vereinigung ist die Standardisierung von GIS-Techniken und vor allem Datenformaten sowie zur Förderung der GIS-Technologie.

Das Vordringen Geographischer Informationssysteme in immer mehr Bereiche der Gesellschaft ist gewissermaßen schon vorprogrammiert. Wenn dem bisherigen positiven Ansatz zur Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen, der Industrie und den Dachorganisationen kein Abbruch entgegensteht, werden auf lange Sicht gesehen die komplexer werdenden Strukturen durch leistungsfähigere Geoinformationssysteme kompensiert.

¹Das bisherige *Open GIS Consortium* hat sich im September 2004 in *Open Geospatial Consortium (OGC)* umbenannt.

2.1.2 Aufbau von Geoinformationssystemen

Der Aufbau eines Geoinformationssystems erfolgt nach dem Vierkomponenten-Modell (EVAP), das auf dem EVA-Prinzip (Eingabe - Verarbeitung - Ausgabe) [WIKI07], als Grundschemata der elektronischen Datenverarbeitung (EDV), basiert.

- Erfassung durch den *Anwender*
- Verwaltung (Datenmodellierung und -speicherung) durch *DBMS*
- Analyse (einschließlich Verarbeitung) der *Daten*
- Präsentation mit Hilfe der *Software*

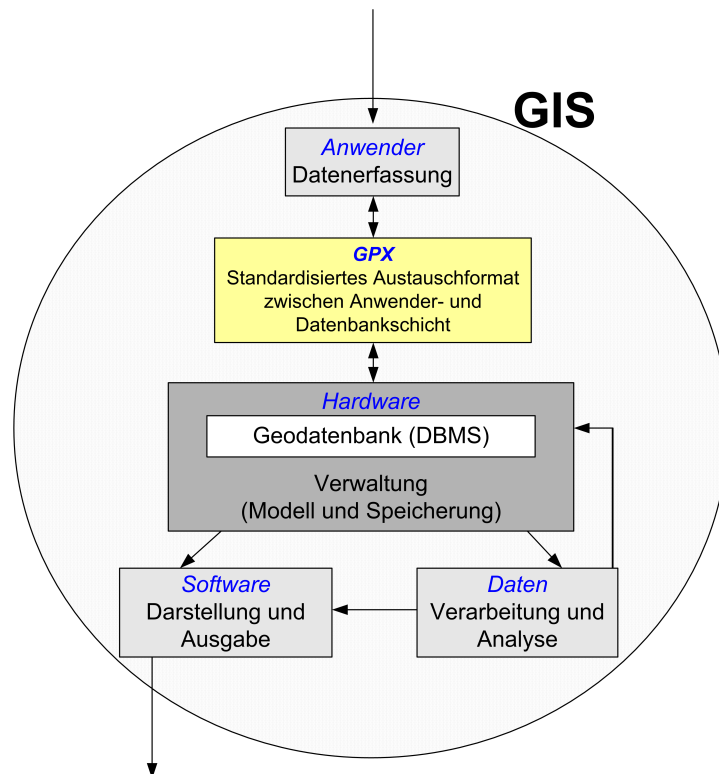


Abbildung 2.1: Aufbau GIS
[BRINK08]

Abbildung 2.1 zeigt den Aufbau eines Geoinformationssystems, wobei die Darstellung eine hervorgehobene Spezialisierung vom grundlegenden Aufbau aufweist. Es soll dem Leser bereits hier den Zusammenhang beziehend auf die Thematik dieser Arbeit verdeutlichen. Dieses standardisierte XML-basierte Datenformat *GPX* fungiert gewissermaßen als Schnittstelle zwischen dem Anwender, der die Daten erfaßt und dem Datenbankmanagementsystem (DBMS), das die Daten verwaltet.

Diese vorliegenden Informationen müssen, um verarbeitet und gespeichert zu werden, einem geeigneten Datenbankschema - einem Modell - zugrundeliegen. „Ein Modell bildet die Realität durch bestimmte Erklärungsgrößen im Rahmen einer wissenschaftlich handhabbaren Theorie ab.“ [WIKI08] Die Komplexität der realen Welt wird somit vereinfacht und verallgemeinert, um sie für Rechnergestützte Informationssysteme - *Geodatenbanken* - überhaupt nutzbar zu machen. Nicht erst bei der Datenmodellierung - sondern schon bei der Datenerfassung - sind Informationsverluste zu verzeichnen.

Zielsetzung ist dennoch, die Realität so exakt wie möglich abzubilden, wobei ein Datenmodell hilft, die Überschaubarkeit zu wahren. Wichtig ist hervorzuheben, daß die in einer Datenbank gespeicherten Daten ein vereinfachtes Modell der Realität darstellen. Der Verlauf dieses Abschnitts und darüber hinaus wird zeigen, daß die Modellierung von Geodaten und die Umsetzung von Standards zum Datenaustausch eng verknüpft sind. Standards spielen bei der Visualisierung eine wesentliche Rolle für die raumbezogene *Analyse* und *Präsentation* von Zusammenhängen und Veränderungen.

2.1.3 Eigenschaften von Geodaten

Die Eigenschaften von Geodaten lassen sich im wesentlichen in vier Bereiche gliedern:

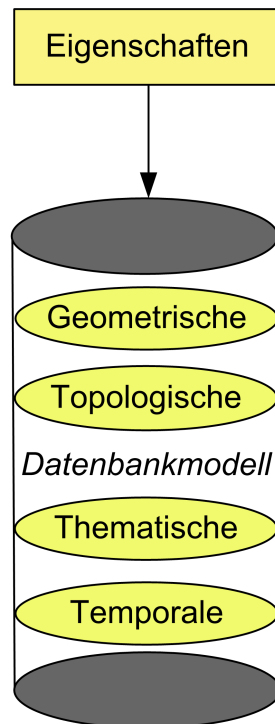


Abbildung 2.2: Eigenschaften von Geodaten

Die Verarbeitung von Geodaten basiert auf sogenannten Geoobjekten. Dabei werden raumbezogene und fachspezifische Informationen an diese Objekte gebunden. Abbildung 2.2 verdeutlicht das und dient gleichermaßen als theoretische Grundlage für die Erstellung eines Datenbank-Modells in Kapitel 4.

Vorher bedarf es allerdings einer näheren Erläuterung der einzelnen Attribute. Die *temporale* Eigenschaft eines Geoobjektes beschreibt die zeitliche Veränderung, d.h. die geometrischen Daten liegen zu unterschiedlichen aufeinanderfolgenden Zeitpunkten vor - jedes Objekt erhält sozusagen einen Zeitstempel. Somit entsteht eine Dynamik hinsichtlich der Daten, denen eine *Thematik* zugeordnet wird, um bei der späteren Verwaltung eine fachlich relevante Trennung vorzunehmen. Zu einem Geoobjekt kann es mehrere thematische Attribute geben. Mit Hilfe der *Topologie* wird die Lagebeziehung zu anderen Geoobjekten beschrieben. Eine Vorstellung könnte beispielsweise die benachbarte

Lage zweier Grundstücke geben oder ein Schemaplan im öffentlichen Nahverkehr. Die Verknüpfung *geometrischer* und *topologischer* Eigenschaften ist aufgrund des großen Datenaufkommens in GIS-Systemen unerlässlich, da es dadurch erst möglich wird, die Datenbank auf Konsistenz zu prüfen - eine der vier geforderten ACID-Eigenschaften² für Datenbank-Transaktionen.

Wie eben bereits erwähnt, ist das *geometrische* Attribut ein essentieller Bestandteil der Geodaten, mit deren Hilfe die räumliche Lage und Ausdehnung angegeben werden kann. Allerdings bedarf diese Aussage weiterer Betrachtungen, der sich der folgende Abschnitt widmet. Die *Metadaten* als eine Eigenschaft der Geodaten schließen diesen Punkt ab. Die Aufgabe der Metadaten umfasst beschreibende Informationen über die eigentlichen Geodaten, diese wären u.a. das Datenformat, die Erfassungsart sowie die Datenaktualität - kurzum, es erfolgt hiermit eine Unterstützung hinsichtlich der Verwaltung der Daten.

2.1.4 Vektordaten und Rasterdaten

Hinsichtlich der Darstellung *geometrischer* Eigenschaften in einem GIS unterscheidet man grundsätzlich zwei Konzepte: das Vektormodell und das Rastermodell. Beim Vektormodell wird von einem Ursprung ausgehend ein Punkt beschrieben, an dem ein Linienzug beginnt. Von diesem Punkt wird wiederum durch einen Vektor der nächste Punkt angegeben u.s.w., bis das gesamte darzustellende Objekt beschrieben ist (siehe Abb. 2.3). Die Lage der Punkte wird über Koordinaten bezüglich eines Koordinatensystems realisiert. Auf dieser Grundlage aufbauend können auch komplexere geometrische Gebilde in Form von Streckenzügen, Polygonen³ oder Multipolygonen dargestellt werden.

²atomicity, consistency, isolation und durability - Eigenschaften von Transaktionen in DBMS.

³Vieleck - man verbindet mind. drei voneinander verschiedene Punkte durch Strecken miteinander, so daß eine zusammenhängende Fläche entsteht.

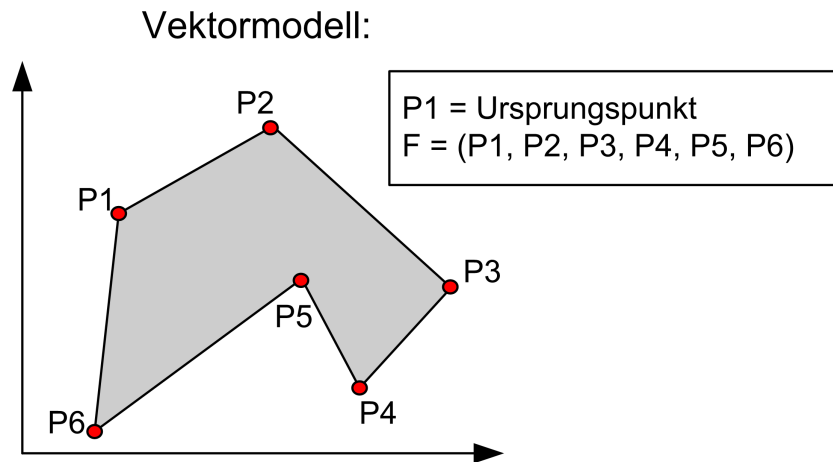


Abbildung 2.3: Vektormodell

Das durch die Verbindung der einzelnen Punkte entstandene Polygon repräsentiert die 2-D⁴ Darstellung. Dieser Gesichtspunkt erfordert eine kurze Ausführung.

Dimensionen von Geoobjekten:

- 0-D:
Punkt - haben weder Länge noch Fläche
- 1-D:
Linie - besitzen eine (endliche) Länge, aber keine Fläche
- 2-D:
Fläche - besitzen eine Flächengröße (x,y-Koordinaten)
- 2-D + 1-D:
Fläche - Ergänzung der 2-D Darstellung durch Höhenlinien (Geländeoberfläche)
- 2.5-D:
Fläche - zusätzlich zur Lagegeometrie die Höhe z (einzelne Punkte erhalten eine Höhenangabe)

⁴Abkürzung für zweidimensional

- 3-D:

Körper - Gliederung in 3D-Linienmodell, 3D-Flächenmodell und 3D-Volumenmodell (x, y, z -Koordinaten)

- 4-D:

Körper - zu den Raumkoordinaten x, y, z wird der Zeitparameter (t) abgespeichert

In einem Rastermodell hingegen wird der Interessensbereich in Teilflächen, typischerweise in quadratische oder rechteckige Gitterzellen (Pixel), zerlegt (siehe Abb. 2.4). Durch die Benennung von Zeilen- und Spaltennummern ist jede Zelle in eindeutiger Weise referenzierbar.

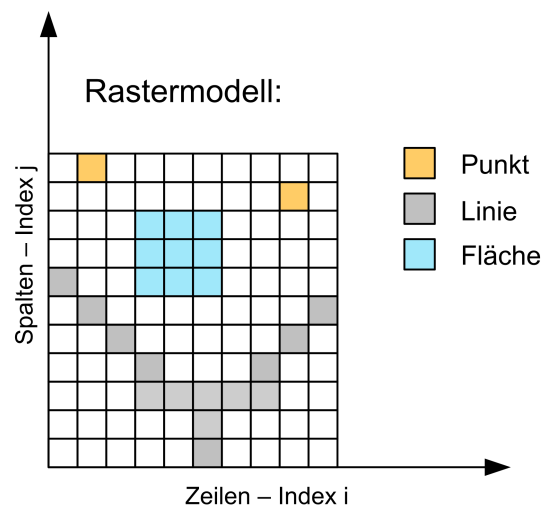


Abbildung 2.4: Rastermodell

Obige Abbildung zeigt die Darstellung von Punkten, Linien und Flächen anhand eines Rastermodells, wobei die Stärke dieses Modelltyps in der Anzeige von flächigen Sachverhalten liegt. Diese Tatsache allerdings stellt für die Anwendung in Geoinformationssystemen ein Problem dar. Denn bei einer Zuordnung von Werten, die sich auf geographische Koordinaten beziehen, werden diese Orte der Wirklichkeit im Rastermodell auf Flächen übertragen, was zu Ungenauigkeiten führt. Mit zunehmender räumlicher Auflösung wird diese Problematik kompensiert und es erfolgt eine exakte Wertzuweisung. An dieser Stelle wird bereits ersichtlich, daß es beim Raster- und Vektormodell hinsichtlich der Modellierung von Geodaten Vor- und Nachteile herauszuarbeiten gilt. Im folgenden Schritt werden diese kurz in einer Tabelle gegenübergestellt und im An-

schluß dazu wird erläutert, wo sich welche Einsatzgebiete in GIS-Systemen wiederfinden.

Vorteile	Nachteile
einfache Datenspeicherung	hoher Speicherbedarf
einfache Geometrie	logische Datenstrukturen und Objektbezug sehr eingeschränkt
theoretisch ausreichende Genauigkeit (je nach Auflösung)	große Datenmengen
mathematische Operationen einfach durchführbar	Ordnung nur nach der Position der Pixel

Tabelle 2.1: Vor- und Nachteile eines Rastermodells

Vielen GIS liegt das Rastermodell zugrunde, das für die Bildbearbeitung und -analyse entwickelt worden ist. Das Digitalisieren von Kartenvorlagen zur Datenerfassung übernimmt häufig ein Scanner, der zeilenweise die einzelnen Pixel einliest. Der OziExplorer⁵ ist beispielsweise eine interaktive Rasterbild-Software, mit der der Einsatz von selbst gescannten und kalibrierten Karten oder Bildern möglich ist. Bilddaten wie Satellitenaufnahmen werden mit Hilfe der Rastertechnik umgesetzt. Dennoch bringt diese Art der Datenmodellierung einen gravierenden Nachteil mit sich: die großen anfallenden Datenmengen, da jedes einzelne Pixel beschrieben werden muß. An diesem Punkt kommen die Stärken des Vektormodells zum Tragen.

⁵Der OziExplorer ist eine GPS Karten-Software.

Vorteile	Nachteile
kompakt	komplexere Datenstruktur
Topologie	Schwierigkeiten bei der Übereinanderlagerung
einfache Selektion einzelner Geoobjekte	unbrauchbar für digitale images
geringe Datenmenge	meisten Bildschirme sind pixelorientiert
ihre Darstellung ist der von herkömmlichen Karten sehr ähnlich	schlecht für natürliche Bilder (Fotos)

Tabelle 2.2: Vor- und Nachteile eines Vektormodells

In interaktiven Anwendungen wie Zeichenprogrammen, CAD-Programmen, Grafikpaketen von Programmiersprachen (z.B. `java.awt.graphics`) findet das Vektormodell Einsatz. Aber auch in Modellierungssprachen, beispielsweise OpenGL als Grafiksprache oder Postscript als Druckersprache, ist die Verwendung üblich. Einschränkungen gibt es allerdings in der Darstellung von Fotos, was darauf zurückzuführen ist, daß die meisten Bildschirme pixelorientiert arbeiten.

Kurzum, Flächen (Waldgebiete oder Wiesen), denen keine weiteren Attribute zugeordnet werden müssen, sind mit Rastergrafiken einfacher umzusetzen. Dagegen kann die Darstellung einer Straße mit Hilfe eines Vektormodells besser realisiert werden.

2.1.5 Räumliche Bezugssysteme

Koordinatensysteme und deren Transformation sind bei der Arbeit mit Geoinformationssystemen unerlässlich. Im vorherigen Abschnitt wurde bereits auf zweidimensionale *kartesische Koordinaten* eingegangen. In dieser Form stehen die Achsen des Koordinatensystems rechtwinklig zueinander. Spricht man hingegen von *geographischen Koordinaten*, ist damit die Aufteilung der Erde in Längenkreise und Breitenkreise gemeint. Somit kann jeder Punkt auf der Erdoberfläche durch zwei Koordinaten eindeutig beschrieben werden.

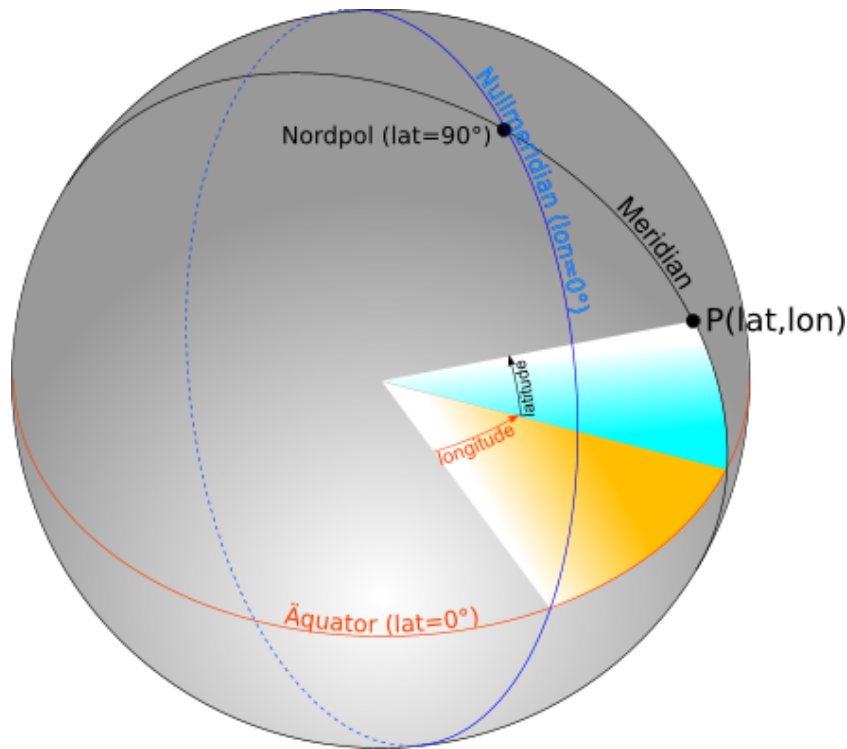


Abbildung 2.5: Geographische Koordinaten

„Die *geographische Breite* (englisch: Latitude, abgekürzt: lat) beschreibt den Winkel, der sich zwischen Erdmittelpunkt, dem gesuchten Punkt P und dem Äquator aufspannt (blaue Fläche in Abb. 2.5). Punkte auf dem Äquator haben immer die Breite 0, während der Nordpol 90 Grad und der Südpol -90 Grad geographische Breite haben. Die Kurve, die durch Punkte gleicher Breite führt, bezeichnet man als Breitenkreis.“ [KOMPF]

„Die *geographische Länge* (englisch: Longitude, abgekürzt: lon) bezeichnet den Winkel, der sich zwischen Erdmittelpunkt, dem gesuchten Punkt P und dem Nullmeridian ergibt (gelbe Fläche in Abb. 2.5). Ein Meridian oder Längengreis führt durch Nordpol, Südpol und alle Punkte gleicher Länge.“ [KOMPF]

Die Erde lässt sich mathematisch nicht exakt beschreiben. Eine Annäherung bieten sogenannte (Rotations-) Ellipsoide, die die Abplattung der Erde berücksichtigen. Aufgrund der Abweichungen von der Erdgestalt finden unterschiedliche Ellipsoide Anwendung, die in ihren Definitionen voneinander abweichen. Zu nennen wären u.a. das Bessel-, Krassowski-, Gauß-Krüger- und das WGS84-Ellipsoid. Letzteres dient der Positionsbe-

stimmung auf der Erdoberfläche und ist geodätische⁶ Grundlage des Global Positioning Systems (GPS), über das der Einstieg in die Thematik *GPX* dieser Arbeit erfolgt. Das *World Geodetic System 1984* (WGS84) ist ein sogenanntes Referenzellipsoid (geodätisches Datum)⁷ - ein an die Erde optimal angepasstes Rotationsellipsoid. Es bildet ein einheitliches System für den gesamten Globus.

In der Kartographie kommt aufgrund der ebenen Oberfläche einer Karte statt eines geographischen Koordinatensystems (Abb. 2.6a), das die gekrümmte Erdoberfläche widerspiegelt, ein *projiziertes* Koordinatensystem (Abb. 2.6b), zum Einsatz. Hierbei werden mit Hilfe mathematischer Abbildungen die Punkte aus einem geographischen Koordinatensystem in ein „ebenes Koordinatensystem (Abb. 2.6b)“ projiziert. Es kommt einerseits zum Verlust der räumlichen Eigenschaften, andererseits kann es je nach Kartenprojektion zu einigen Verzerrungen kommen. Um dies zu unterbinden, wird zwischen den verschiedenen Kartenprojektionen eine Umrechnung notwendig - die sogenannte *Koordinatentransformation*.

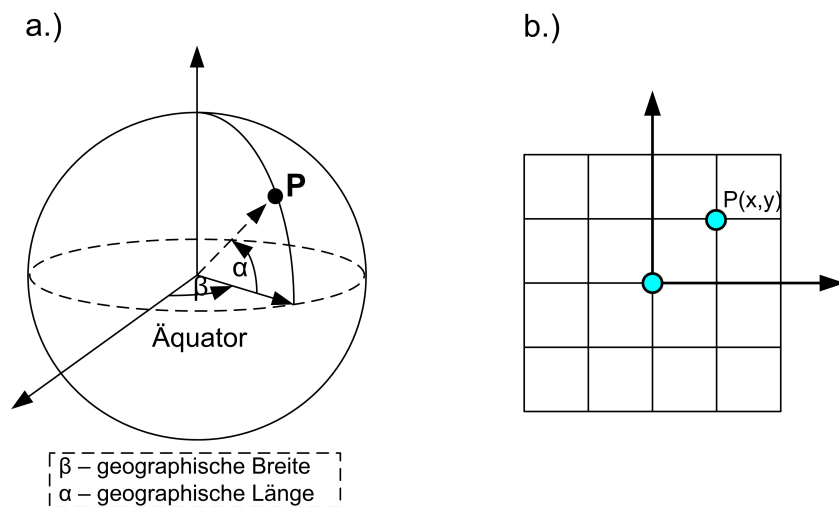


Abbildung 2.6: Geographisches und projiziertes Koordinatensystem

⁶Geodäsie, Definition von F.R. Helmert: Geodäsie ist die „Wissenschaft von der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche“

⁷definiert einen Referenzellipsoid

Auf den nächsten Seiten werden die verschiedenen Formatierungen der geographischen Koordinaten in Breiten- und Längengraden vorgestellt. Normalerweise werden diese Einstellungen im GPS-Gerät oder in der Kartensoftware vorgenommen.

Ort	Latitude	Longitude	Höhe in m
Rossau(Kirche)	51°00'04.91" N	13°02'17.58" E	281
FH Mittweida (Haus 8)	50°59'21.47" N	12°58'13.67" E	287
Calgary (Canada)	51°03'18.54" N	114°03'44.78" W	1086
Nowosibirsk(Rußland)	55°02'21.23" N	82°55'40.14" E	158
Sassnitz(Rügen)	54°31'10.37" N	13°38'55.28" E	62

Tabelle 2.3: Beispielkoordinaten in Grad° Bogenminuten' Bogensekunden"

[GOOEARTH]

In Tabelle 2.3 wurden die Angaben in *Grad° Bogenminuten' Bogensekunden*“ ausgewiesen. Anhand folgender Formel kann diese Darstellungsweise in *Dezimalgrad* umgerechnet werden:

$$\text{Dezimalgrad} = \frac{\frac{\text{Sekunden}}{60} + \text{Minuten}}{60} + \text{Grad} \quad (2.1)$$

Ort	Latitude	Longitude	Höhe in m
Rossau(Kirche)	51.00136°	13.03822°	281
FH Mittweida (Haus 8)	50.98930°	12.97046°	287
Calgary (Canada)	51.05515°	-114.06244°	1086
Nowosibirsk(Rußland)	55.03923°	82.92782°	158
Sassnitz(Rügen)	54.51955°	13.64869°	62

Tabelle 2.4: Beispielkoordinaten in Dezimalgrad

Das Positionsformat aus Tabelle 2.4 findet Anwendung bei GPS-Dateien oder auch bei Google Maps. Mit Hilfe der Formel 2.1 werden Bogenminuten' und Bogensekunden“ ins dezimale System umgerechnet und mit Negativwerten für S und W (siehe Calgary) versehen. Aber sehr gebräuchlich sind auch Angaben wie Grad° Bogenminuten' mit Dezimalstellen.

Folgende Aufgabenstellung zeigt die Vorgehensweise zur Umrechnung Dezimalgrad in Grad° Bogenminuten'.

geg.:

FH Mittweida (Haus 8) in Dezimalgrad: Breite 50.98930° Länge 12.97046°

Lösungsweg:

Ein Grad sind 60 Bogenminuten. Deshalb werden nur die Nachkommastellen vom Gradformat mit 60 multipliziert und man erhält die Bogenminuten [WIKI09]:

$$\text{Bogenminuten}'(Lat) = 0.98930 * 60 = 59.358 \quad (2.2)$$

$$\text{Bogenminuten}'(Lon) = 0.97046 * 60 = 58.228 \quad (2.3)$$

Lösung:

Ort	Latitude	Longitude	Höhe in m
FH Mittweida (Haus 8)	N50°59.358'	E12°58.228'	287

Tabelle 2.5: Beispielkoordinaten in Grad° Bogenminuten'

Im Zusammenhang mit der weiter oben angesprochenen Kartographie fiel auch der Begriff eines projizierten Koordinatensystems. Daraus ergibt sich eine weitere Form der Positionsangabe der Koordinaten, die sogenannten UTM-Koordinaten. Ein weitverbreitetes Koordinatensystem auf Landkarten ist das UTM (Universal Transverse Mercator)⁸ Gitter, aus dem die UTM-Koordinaten ausgelesen werden können. Die Abbildung 2.7 zeigt die Einteilung der Erde mittels eines UTM-Gitternetzes. Alle diese rechtwinkligen Gitter werden häufig auch als geodätisches Gitter bezeichnet. Ein geographisches Gitter eignet sich da weniger, weil aufgrund der unterschiedlichen Abstände der Längengrade (nehmen zu den Polen hin ab) ein nicht-rechtwinkliges Gitter entsteht, welches das Ablesen bzw. Eintragen von Koordinaten erschwert.



Abbildung 2.7: Einteilung der Erde mittels UTM-Gitternetz
[GOOEARTH]

⁸Das UTM-Gitter ist der weltweite Standard für die GPS-Navigation.

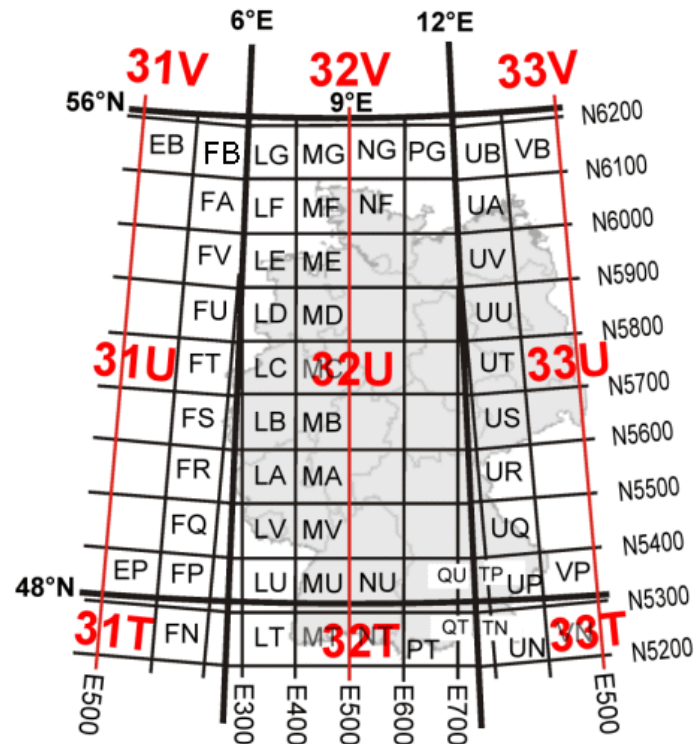


Abbildung 2.8: UTM-Gitternetz für Deutschland
[WIKI10]

Abbildung 2.8 zeigt das UTM-Gitternetz für Deutschland. Diese Abbildung verdeutlicht den Aufbau des UTM-Gitters. Genauer gesagt handelt es sich hier um eine querachsige (transversale) Zylinderprojektion, bei der das Meridianstreifensystem mit der Gauß-Krüger-Methode übereinstimmt. Die Kartenaufteilung erfolgt in *Meridianzonen* (z.B. 32), *Zonenfelder* (z.B. 32U) und *Gitterquadrate* (z.B. MU). Mittelmeridian der Zone 32U ist 9°E. Das Meridianstreifensystem ist in 6° breite Streifen eingeteilt. Die Streifen werden Zonen genannt. Numeriert wird von 1 bis 60 (von West nach Ost). Des weiteren werden die Zonen vertikal in 22 Abschnitte (Bänder) unterteilt, d.h. diese Abschnitte werden von Süden nach Norden mit Buchstaben bezeichnet, beginnend in der südlichsten Zone mit dem Buchstaben C und die nördlichste Zone mit dem Buchstaben X. Die Nordpol- bzw. Südpolregionen werden mit einer eigenen Kartenprojektion abgebildet (Azimutalabbildung). Die Buchstaben „I“ und „O“ wurden wegen der Verwechslungsgefahr mit den Ziffern „1“ und „0“ weggelassen. [KLOECK09]

Koordinaten im UTM-Abbildungssystem:

- In der ebenen Abbildung der Karte werden die zweidimensionalen, rechtwinkligen Koordinaten mit Rechtswerten E (East) und Hochwerten N (North) angegeben. Den Bezug stellen der jeweilige Mittelmeridian und der Äquator dar.
- Im rechtwinkligen UTM-Koordinatensystem entspricht die Abbildung des jeweiligen Mittelmeridians der senkrechten Achse. Um negative Rechtswerte zu vermeiden erhält jede senkrechte Achse den Rechtswert 500 000 m. Rechtswerte westlich des Mittelmeridians liegen unter E 500 000 m, Werte östlich des Mittelmeridians liegen über E 500 000 m.
- Der jeweilige Bezugspunkt für die Hochwerte ist der Schnitt der senkrechten Achse mit der Abbildung des Äquators. Für Hochwerte der Nordhalbkugel besitzt dieser Schnittpunkt den Wert 0 m, für Hochwerte der Südhalbkugel den Wert 10 Mio. m. [BLM02]

Das UTM-Koordinatensystem findet u.a. Anwendung bei der Bundeswehr, beim Katastrophenschutz und bei der Vermessung.

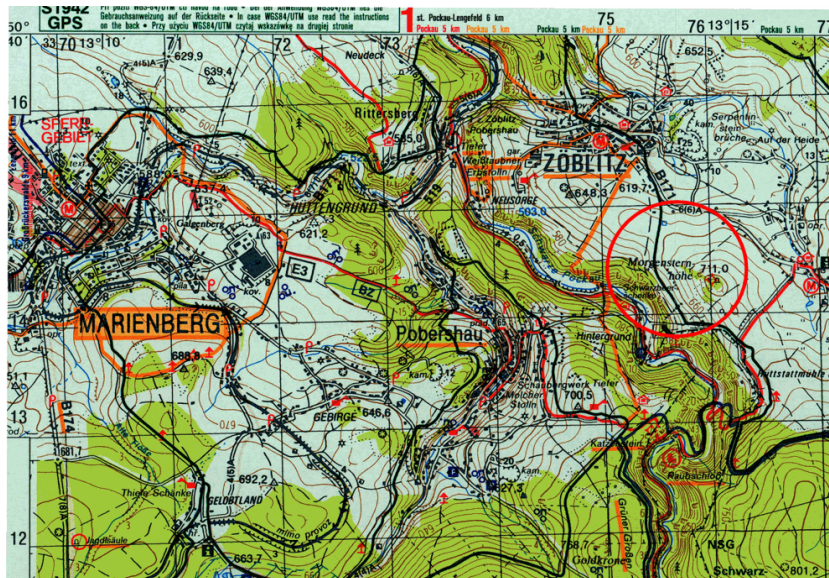


Abbildung 2.9: Kartenmaterial von Prof. Stübner
[STUEB09]

Abbildung 2.9 zeigt einen Ausschnitt aus einer Karte des Komotauer Landes⁹. Das Kartenmaterial hat mir Prof. Dr. rer. biol. hum. Rudolf Stübner für Studienzwecke zur Verfügung gestellt. Die komplette Karte befindet sich in den Anlagen im Ordner [Script\Abb](#). Das Übertragen von Koordinaten aus einer Landkarte in ein GPS-Gerät bzw. umgekehrt, wird durch so ein rechtwinkliges Metergitter sehr vereinfacht. Bei der Kombination gedruckter Karten und eines GPS-Gerätes muß darauf geachtet werden, daß auf der Karte „UTM-Gitter für GPS“ o.ä. aufgedruckt ist (siehe Abb. 2.9). Für die Einarbeitung in den Sachverhalt räumlicher Bezugssysteme war die GPS Karten-Software OziExplorer und Google Earth sehr von Nutzen. Mit Hilfe der bildlichen Darstellung (siehe Abb. 2.10) kann die folgende Aufgabenstellung aus der Praxis gut nachvollzogen werden:

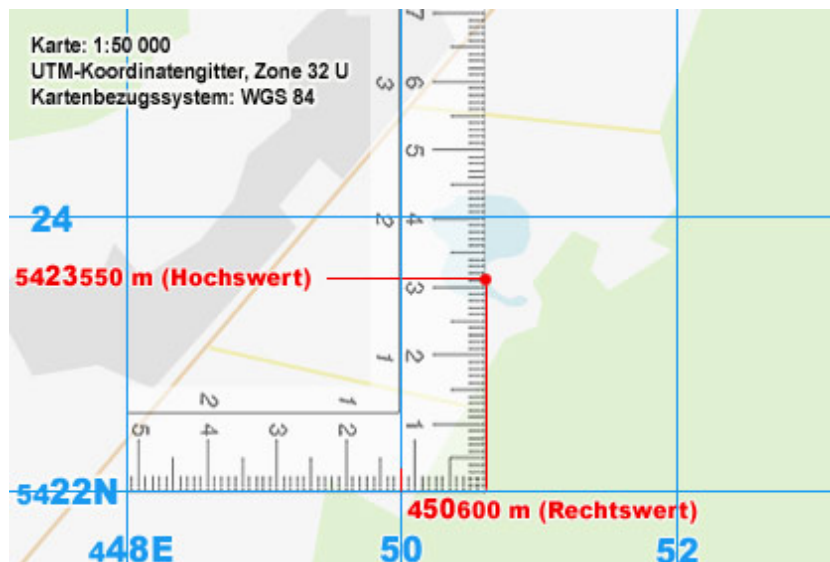


Abbildung 2.10: UTM-Gitter am Beispiel von Kartenmaterial
[KLOECK09]

⁹Das Komotauer Land liegt im Nordwesten Böhmens im Gebiet des ehemals deutschsprachigen Raumes.

Ein Wanderer mit GPS-Ausrüstung befindet sich am Standort X und entdeckt auf der Karte einen Aussichtspunkt in der Nähe. Wie bekommt er nun die Koordinaten von diesem Punkt in sein GPS-Gerät? Der Rechenweg zum Erhalt der Koordinaten erfolgt anhand der Abbildung 2.10:

geg.:

UTM-Koordinaten: UTM 33U 450600E 5423550N

Maßstab: 1:50000

Zone: 32U

Kartenbezugssystem: WGS84

Lösung:

1. Kartenangaben wie UTM-Koordinatengitter (z.B. UTM 33U), Kartenbezugssystem (z.B. WGS 84), Maßstab der Karte entnehmen
2. Positionsformat (UTM) und Kartenbezugssystem (WGS 84) müssen mit dem GPS-Gerät und der Karte übereinstimmen
3. Koordinaten des Aussichtspunkts von der Karte auslesen und ins GPS-Gerät eingeben. Auf der Karte ist dünn ein Gitter eingezeichnet. Der Rechtswert ist am oberen bzw. unteren Kartenrand und der Hochwert am linken bzw. rechten Kartenrand zu erkennen. Vollständige Angaben können am linken Kartenrand abgelesen werden: 448000 E oder auch nur 448 E. Diese werden (bei 2 km Gitterabstand) als 50, 52, 54 weitergeführt. Das gleiche gilt für den Hochwert [KLOECK09].

Rechtswert:

50 = 450000 m

+ Entfernung vom Gitter (12 mm) also $12 * 50 \text{ m} = 600 \text{ m}$

ergibt einen Rechtswert von **450600**

Hochwert:

22 = 5422000 m

+ Entfernung vom Gitter (31 mm) also $31 * 50 \text{ m} = 1550 \text{ m}$

ergibt einen Hochwert von **5423550**

Eine ausführlichere Betrachtung *räumlicher Bezugssysteme* würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, wobei diese Thematik ohne größere Mühen selbst Titel einer Diplomarbeit sein könnte. Deshalb sei an dieser Stelle auf die Organisation „European Petroleum Survey Group Geodesy“ (EPSG) verwiesen, die im Jahr 2005 in das „Surveying and Positioning Committee“ (S&P) der „International Association of Oil & Gas Producers“ (OGP) übergegangen ist. Diese Arbeitsgruppe führt eine Datenbank zur Beschreibung von räumlichen Bezugssystemen mit über 500 geodätischen Datumsangaben und knapp 50 Beschreibungen von Ellipsoiden [BRINK08]. Die *EPSG* ist bekannt geworden durch den Aufbau ihres Systems von weltweit eindeutigen 4- bis 5-stelligen Schlüsselnummern für Koordinatenreferenzsysteme (EPSG-Codes). Das für GPS-Koordinaten weltweit verwendete WGS84 hat den EPSG-Code 4326 [WIKI11]. Diese Datenbank ist unter der Webadresse <http://www.epsg.org> frei erhältlich oder findet sich auf der CD im Ordner [\EPSG](#).

2.1.6 Entwicklung hin zu standardisierten Geoinformationssystemen

Die Überschrift dieses Abschnitts wurde inhaltlich bereits zu Beginn der Arbeit formuliert. Denn die wissenschaftliche Bestrebung dieser Diplomarbeit beruht auf den Standards im Bereich der Geoinformationssysteme und wird an dieser Stelle näher beleuchtet.

Auf der einen Seite steht aus Sicht des Anwenders die Entwicklung und Standardisierung von Schnittstellen und Datenformaten, beispielsweise für den reibungslosen Austausch von GPS-Daten (Wegpunkte, Tracks, Routen) zwischen den verschiedensten GPS-Programmen. Dabei wird immer häufiger auf Standards zurückgegriffen, die auf Basis der *Extensible Markup Language* (XML) definiert sind. Das vom *World Wide Web Consortium* (W3C)¹⁰ entwickelte XML-basierte Vektorgrafikstandard *Scalable Vector Graphics* (SVG) (W3C 2003a) dient vorrangig der Visualisierung grafischer Daten. Die *Geography Markup Language* (GML) (OGC 2003) nimmt vor allem im Bereich der Repräsentation von Geodaten eine führende Rolle ein.

¹⁰Das World Wide Web Consortium (W3C) entwickelt interoperable Technologien.

Dem gegenüber, aus dem Blickwinkel des Programmierers, steht die Speicherung der Geometriedaten, die durch genormte Datenbankschemas die Standardoperationen für Zugriff, Anfrage, Verwaltung und Verarbeitung definieren und vereinfachen. Im Rahmen dieser Standardisierungsbemühungen sind folgende Organisationen zu nennen:

OGC das *Open Geospatial Consortium* (OGC), eine internationale Organisation, deren Mitglieder sich aus den Reihen der Wirtschaft (u.a. Oracle) und der Forschung zusammensetzen. Zweck dieser Vereinigung ist die Standardisierung von GIS-Techniken und vor allem Datenformaten sowie zur Förderung der GIS-Technologie.

ISO/TC211 das Technische Komitee Nr. 211 (*ISO/TC 211*, „*Geographic Information/Geomatics*“), internationale Standardisierungs-Organisation erstellt Normen für Geoinformationen und Kartographie. „ISO/TC 211 erarbeitet die *ISO-Norm 191xx* mit 20 verschiedenen Standards.“ [GEOIS03] Die Normung gliedert sich in 5 Arbeitsausschüsse:

- WG 1 Framework and Reference Model
- WG 2 Geospatial Data Models and Operators
- WG 3 Geospatial Data Administration
- WG 4 Geospatial Services
- WG 5 Profiles and Functional Standards

Nach Themenschwerpunkten eingeordnet, beinhalten diese die jeweiligen Normen. Im folgenden die ISO-Normen, die bereits eine hohe Bedeutung erlangt haben, und die im weiteren Verlauf dieser Arbeit des öfteren wiederkehren oder vielmehr zur Anwendung kommen:

- ISO/TS 19103:2005 Geographic Information - Conceptual schema language, „provides rules and guidelines for the use of a conceptual schema language within the ISO geographic information standards. The chosen conceptual schema language is the Unified Modeling Language (UML).“ [ISO01]

- ISO 19107:2003 Geographic Information - Spatial Schema, „specifies conceptual schemas for describing the spatial characteristics of geographic features, and a set of spatial operations consistent with these schemas. It treats vector geometry and topology up to three dimensions.“ [ISO02]
- ISO 19111:2007 Geographic Information - Spatial referencing by coordinates, „defines the conceptual schema for the description of spatial referencing by coordinates, optionally extended to spatio-temporal referencing.“ [ISO03]
- ISO 19115:2003 Geographic Information - Metadata, „defines the schema required for describing geographic information and services. It provides information about the identification, the extent, the quality, the spatial and temporal schema, spatial reference, and distribution of digital geographic data.“ [ISO04]

Inzwischen wirken alle Länder und Organisationen, die mit Geoinformationen befaßt sind, bei der ISO mit. Insbesondere die Aktivitäten im Bereich des Technischen Komitees ISO/TC 211 „Geographic Information/Geomatics“ haben sich in den letzten Jahren umfangreich entwickelt. Die ISO/TC211 und das Open Geospatial Consortium (OGC) arbeiten zusammen und unterstützen sich gegenseitig.

SQL/MM (ISO 13249) *SQL/MM (SQL Multimedia and Application Packages)* ist der Oberbegriff für einige Erweiterungen des SQL-Standards SQL:1999 (SQL:2003). Aus Datenbanksicht trägt das ISO/IEC-Komitee zur Entwicklung der Norm SQL/MM bei. Gehört zum SQL-Standard, ist aber eigenständig. Folgende Erweiterungen sind verfügbar:

- Part 1: Framework (SQL/MM Framework)
- Part 2: Full-Text (SQL/MM Full-Text)
- Part 3: Spatial (SQL/MM Spatial)
- Part 4: General Purpose Facilities
- Part 5: Still Image (SQL/MM Still Image)
- Part 6: Data Mining (SQL/MM Data Mining)

Die Standards, die aus den Bemühungen dieser Organisationen hervorgehen, werden insbesondere in zwei Arten von Spezifikationen hinsichtlich der Modellierung unterschieden:

- „Die *Abstrakte Spezifikation* beschreibt die Architektur von raumbezogener Technologie und Interoperabilität¹¹ von Daten. Die Abstrakte Spezifikation ist das Referenzmodell für die Implementierungsspezifikation.“ [GEOIS04]
- „Die OGC definiert neben der konzeptionellen Modellierung auch *Implementierungsspezifikationen*.“ [GEOIS05] Sie ist die Grundlage für die Implementierung von Software, die, wenn sie die gleichen Spezifikationen¹² wie andere Software aufweisen, mit dieser kommunizieren kann. Das *XML-basierte GPS Format zum Austausch von Geodaten* fällt in diese Kategorie.

Im Punkt 2.1.2, Aufbau von Geoinformationssystemen, wurde bereits darauf hingewiesen, daß für die Speicherung und Verwaltung von Geodaten in einer Geodatenbank ein Modell notwendig ist. Eine Abstrakte Spezifikation ist in der Norm ISO 19107:2003, Geographic Information - Spatial Schema, festgelegt. Das *Feature-Geometry-Modell* definiert räumliche Standardoperationen für Zugriff, Anfrage, Verwaltung, Verarbeitung und Austausch von Geoobjekten.

Abbildung 2.11 illustriert diese Thematik.

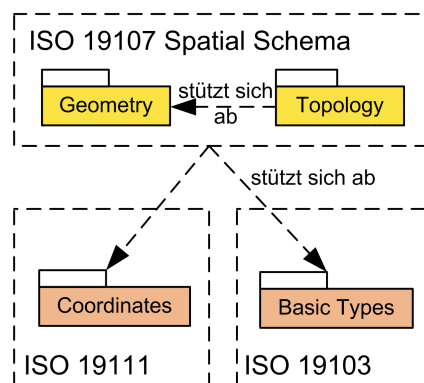


Abbildung 2.11: Hauptpakete der Spezifikation Feature-Geometry-Modell
[BRINK08]

¹¹die Fähigkeit unabhängiger Systeme möglichst nahtlos zusammenzuarbeiten

¹²systemunabhängige Beschreibungen mit der Sprache XML

Die Gliederung erfolgt in 2 große Teilbereiche:

- Geometry: die geometrischen Eigenschaften der Geoobjekte
- Topology: die topologischen Eigenschaften der Geoobjekte

Das Feature-Geometry-Modell beinhaltet ein konzeptionelles Datenmodell, das aufgrund seines hohen Komplexitätsgrades nur ansatzweise betrachtet wird. Vielmehr von Interesse ist das ebenfalls von der OGC entwickelte *Simple-Feature-Access* (SFA), das auf der Feature-Geometry-Spezifikation aufbaut und für die Geoinformatik ein sehr häufig angewandtes Datenmodell darstellt. Hinter dem Begriff Simple Features verbirgt sich ein erster Ansatz, daher das Attribut „simple“ für ein implementierbares Geodatenmanagementkonzept des OpenGIS-Konsortiums. Phänomene der realen Welt werden als Objekte aus punkt-, linien- und flächenhaften Geometrien abgebildet. Es unterstützt die Speicherung und den Zugriff auf Daten in einer relationalen oder objektrelationalen Datenbank.

- Part 1: Simple Features Access (SFA) - Common architecture, ISO 19125-1 [OGCSFA]
- Part 2: Simple Features Access (SFA) - SQL Option, ISO 19125-2 [OGCSFS]

Das UML-Diagramm in Abbildung 2.8 zeigt Part 2 des Simple-Feature-Modells - eine Standard SQL Implementation des abstrakten Modells in Part 1. Während der erste Teil der Norm das Klassenmodell mit geometrischen Datentypen und zugehörigen Operationen beschreibt, behandelt der zweite Teil dessen Umsetzung in ein Datenbankschema.

Die Oberklasse »Geometry« enthält die Attribute und Methoden, die allen Simple Features gemein sind. So kann jeder Geometrie ein räumliches Bezugssystem (»SpatialReferenceSystem«) zugeordnet sein. Von der Klasse Geometry leiten sich vier Geometrieformen ab:

- »Point« beschreibt einen Punkt mit einer bestimmten Position im Raum.
- »Curve« ist die abstrakte Oberklasse für Linien. Streckenzüge werden durch die Unterklasse »LineString« erzeugt. Es gibt zwei Spezialisierungen von Streckenzügen: Die Klasse »Line« entspricht einer Strecke und »LinearRing« repräsentiert einen Ring, also einen geschlossenen Streckenzug.

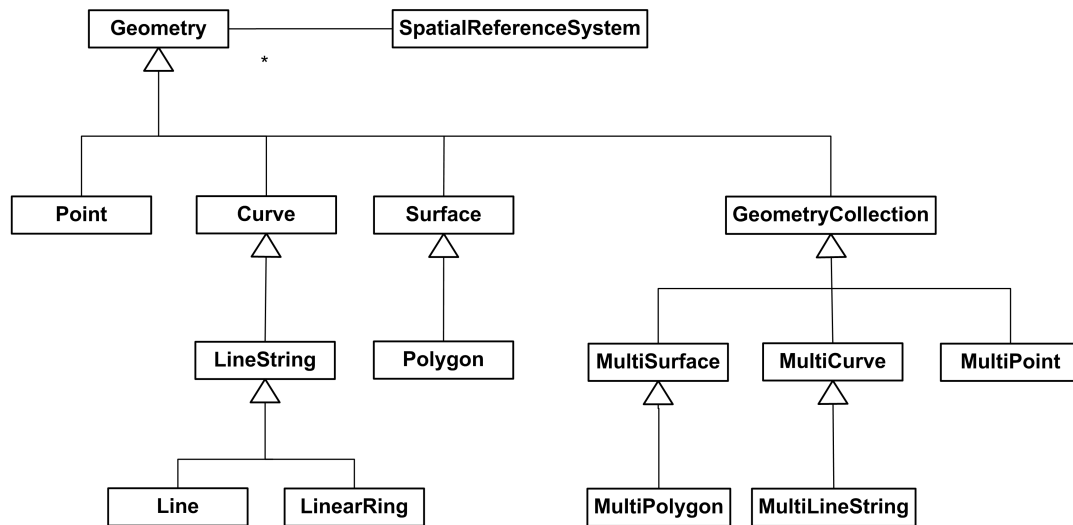


Abbildung 2.12: Geometrieschema des Simple-Feature-Modells Part 2: SQL Option [OGCSFS]

- Flächenobjekte werden durch die Klasse »Polygon« erzeugt, die einfache Polygone repräsentiert, die ggf. Löcher als Aussparungen besitzen können.
- Geometrien, die aus beliebig vielen Geometrien besteht. Für den Fall, daß alle Elemente der gleichen Klasse angehören, gibt es eine Reihe von spezialisierten Geometriekollektionen, wobei nur die Unterklassen »MultiPoint«, »MultiLineString« und »MultiPolygon« instanziiierbar sind.

Das Geometriedatenmodell von ORACLE Spatial als objektrelationales Geodatenbanksystem deckt die Forderungen des Simple-Feature-Modells ab. Als eine Erweiterung dieses Modells kann das *SQL/MM Spatial* aufgefasst werden und geht aus der ISO/IEC-Norm 13249-3 (SQL/MM - Part 3) hervor, die in diesem Abschnitt 2.1.6 bereits erläutert wurde. Die wesentlichen Ergänzungen im Geometrieklassenmodell werden in Abbildung 2.13 gegenüber dem Simple-Feature-Modell deutlich:

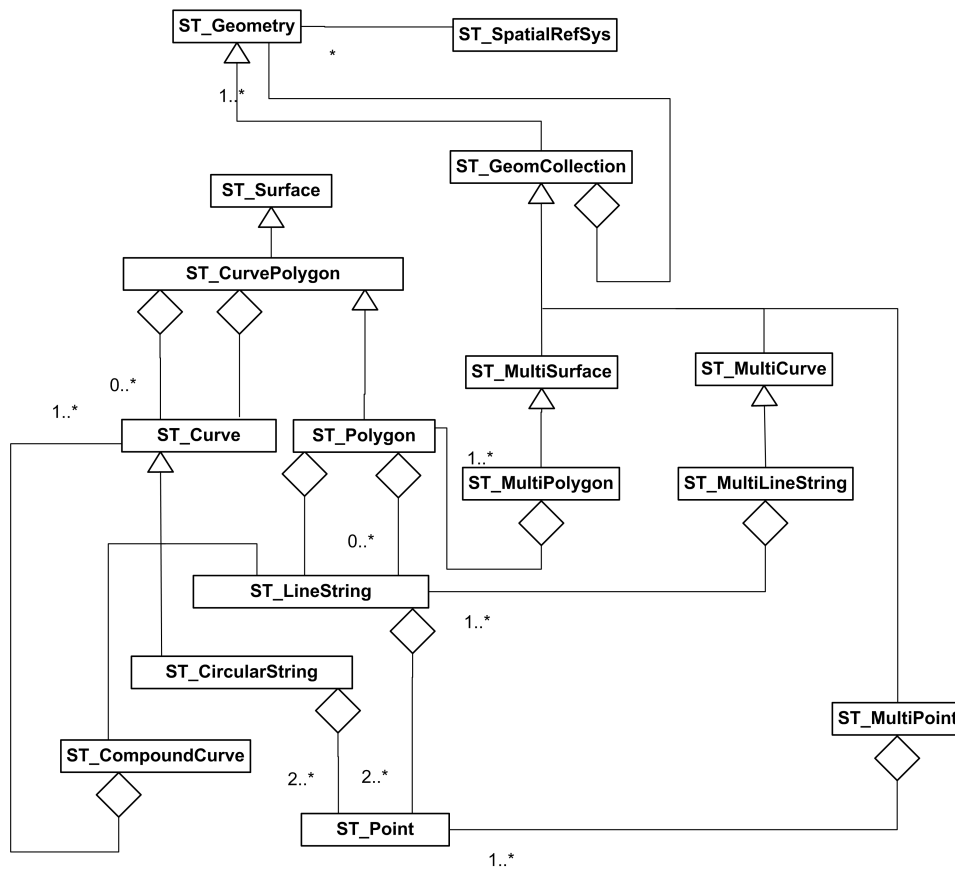


Abbildung 2.13: Geometrieschema von SQL/MM Spatial
[BRINK08]

- Die Klasse »ST_Curve« weist zwei zusätzliche Unterklassen auf:
»ST_CircularString« und »ST_CompoundCurve« repräsentieren Linienzüge, die Kreisbögen enthalten bzw. zusammengesetzte Linienzüge, die aus geradlinigen und kreisbogenförmigen Teillinien bestehen.
- Die Klasse »ST_Surface« weist eine zusätzliche Unterklasse auf:
»ST_CurvePolygon«, deren innere und äußere Ringe durch Instanzen der Klasse »ST_Curve« repräsentiert werden und damit auch Kreisbögen enthalten können.

Der Standard basiert auf SQL99 und nutzt dessen Objektorientierung. Dieser ist dem Simple-Feature-Standard sehr ähnlich, was vor allem im Vergleich der Datentypen ersichtlich ist. Aber im Gegensatz zum SQL/MM - Spatial wird bei Simple Feature Access

explizit nur eine Datenbank benötigt, welche SQL-92 unterstützt. Das heißt, die geometrischen Typen müssen nicht als Objekte in der Datenbank abgelegt werden, sondern können auch numerisch oder binär gespeichert werden. Der nächste Schritt, der hier folgen sollte, wäre der Vergleich beider Standards, um Schlußfolgerungen hinsichtlich der Entwicklung eines Datenmodells zu ziehen, die bei einer Implementierung notwendig würden. Einerseits besteht wiederum die Gefahr, den Rahmen dieser Arbeit zu sprengen, andererseits kommen diese hier fehlenden Fakten an anderer Stelle zur näheren Betrachtung. Denn ein Schwerpunktthema dieser Arbeit wird eine konkrete Umsetzung mittels des Datenbankschemas von *ORACLE Spatial* sein - ein Produkt auf Basis der Oracle Datenbank, um räumliche Daten zu verarbeiten. Dieses Datenbankschema geht aus den beiden bereits vorgestellten Modellen hervor. Doch was nützt ein Modell ohne die entsprechenden Daten, die erst einmal erfaßt werden müssen.

2.2 Geodatenerfassung

Dieser Abschnitt nimmt auf den Teil der Abbildung 2.1, Aufbau eines GIS, Bezug, in dem der Anwender die Daten erfaßt, um sie anschließend zum Austausch mit anderen Programmen in das offene Datenformat *GPX* abzuspeichern. Wie bereits in den Abschnitten zuvor, wird auch dieser zunächst einen Überblick hinsichtlich der *Geodatenerfassung* geben und dabei Klarheit in die Begriffswelt der GPS-Anwendungen bringen sowie einen Eindruck darüber vermitteln, daß die Masse an GPS-Dateiformaten¹³ fast unüberschaubar ist.

2.2.1 GPS

Ausgangspunkt für die Erfassung von Geoinformationen ist das GPS, ein aus ungefähr 30 aktiven Satelliten auf 6 festen Umlaufbahnen bestehendes System, um eine Position zu bestimmen. Das heute weltweit wichtigste Ortungs- und Navigationssystem wurde im Jahre 1973 vom amerikanischen Verteidigungsministerium aufgelegt und realisiert [WIKI12].

Mit dem europäischen Satellitensystem Galileo ist eine neue Generation satellitenbasierter Positionsbestimmung in der Entwicklung. Diese ist zum GPS-System kompatibel

¹³Dateiformat und Datenformat werden hier gleichbedeutend angewendet.

und verspricht eine Steigerung der Verfügbarkeit und Genauigkeit.

2.2.2 GPS-Begriffswelt

Diese Erfassung der Daten geschieht ausgehend vor dem Hintergrund, daß sich im Bereich der Geoinformationssysteme zur Zeit unter dem Schlagwort Mobile GIS ein wichtiger Trend beobachten läßt. Immer mehr GIS-Anwendungen werden auf mobile Endgeräte verlagert, so daß der Einsatz als mobiles Erfassungssystem erfolgen kann: Dadurch lassen sich vor Ort raumbezogene Informationen aufnehmen, um diese dann später am PC zu verarbeiten. Typische Aufgaben sind die Auswahl oder Bewertung vorhandener Daten oder die Aufnahme einfacher Geoobjekte. Der Austausch der Daten mit der Software auf dem PC erfordert eine Schnittstelle in Form von Datenformaten, vorzugsweise das GPS eXchange Format.

Garmin und Magellan als eine der führenden Hersteller mobiler Navigation sowie der GPS-Satellitenkommunikation bieten dieses Feature in der neuen Generation von Geräten bereits an. Weitere Spezifikationen¹⁴ dieser Geräte [GARMIN] sind u.a. 1000 Wegpunkte, 50 Routen, 10.000 Trackaufzeichnungspunkte, Geocaching-Modus, Kompaß, Barometrischer Höhenmesser und ein graphisches TFT-Display, um nur einige markante aufzuzählen.

Ob in der Literatur oder im Internet, der neudeutschen Begriffsvielfalt sind in der Welt der GPS-Navigation keine Grenzen gesetzt. So entstanden Wortschöpfungen wie Georeferenzierung, Geokodierung, Geocaching, Geo-Imaging oder Geotagging. Die nachfolgenden Zeilen werden diese kurz erläutern und doppelt auftretende Begriffe zusammenfassen.

- Georeferenzierung :
einem Datensatz werden räumliche Referenzinformationen angefügt
- Geocaching:
Geocaching ist ein Outdoor-Hobby, eine Art moderner Schatzsuche und Schnitzeljagd unter Nutzung von GPS [GEOIS06].

¹⁴Stand 05.05.2009

- Geokodierung:
Bestandteil der Georeferenzierung - „ein Transformationsschritt, der notwendig ist, um Daten verschiedenartiger Georeferenzierungen in ein gewünschtes Referenzsystem umzurechnen.“ [GEOIS07]
- Geo-Imaging, Geotagging:
Foto Verortung - Fotos werden mit geographischen Koordinaten verortet [WIKI13].

Interessant sind ebenfalls die POIs - eine Abkürzung für Point Of Interest (POI). Die Übersetzung auf deutsch liefert „Interessanter Ort“. POIs sind Adressen und Orte, wie Tankstellen, Restaurants, Hotels und viele weitere mehr, die für den Nutzer einer Karte oder eines Navigationssystems von Interesse sein könnten [GARMIN].

Die folgenden Definitionen stehen begrifflich in direkter Verbindung mit der GPS - Navigation (GIS). In abgekürzter Form treten diese als Elemente in einer XML-basierten GPX-Datei auf.

- Wegpunkt (engl. Waypoint):
Ein Wegpunkt beschreibt einen Punkt, dessen Bestandteile sind die Position, beschrieben durch einen Koordinatensatz und weitere Merkmale wie Identifikation (ID), Name, Beschreibung, Symbol.
- Route:
Eine Route ist eine Abfolge von Wegpunkten. Im Gegensatz zu einem Track ist keine Zeitinformation enthalten und besitzt in der Regel weniger als 100 Wegpunkte.
- Track:
Ein Track zeichnet die zurückgelegte Wegstrecke auf. Je nach GPS-Gerät können Daten wie die aktuelle Position, der Zeitpunkt der Speicherung, die Geschwindigkeit und die Höhe enthalten sein. Es gibt die Möglichkeit, den Track in Kartenmaterial zu übertragen.

Dem Neueinsteiger in die GPS-Community fehlen in der Regel das Hintergrundwissen und die Zusammenhänge, erschwerend kommt hinzu, daß der Markt für GPS-Produkte und deren Anwendung wie ein undurchdringlicher Dschungel erscheint. Die Vielzahl an Plattformen im Internet, die Menge an herstellerspezifischen Softwareprodukten und

damit verbunden die große Schar an Datenformaten, lassen das anfangs vielleicht große Interesse schnell verfliegen.

Bei den Recherchen zu dieser Arbeit wurde mir dahingehend ein positiver Eindruck vermittelt, daß die Hersteller und Internetportale den Trend zur Interoperabilität in Verbindung mit dem Austausch von Geodaten erkannt und bereits zugunsten der Anwender versuchen, diesen umzusetzen. Viele unterstützen bereits das GPX-Format. Dennoch ist der Weg zu einer einheitlichen Schnittstelle noch lang. Auch wenn in der vorliegenden Arbeit eine andere Zielsetzung gegeben ist, so sollten doch auch die Datenformate zur Sprache kommen, die bis dato den Markt für GPS-Technologie dominieren.

2.2.3 Datenformate zur Erfassung von Geoinformationen

Wer sich mit Geoinformationssystemen beschäftigt, wird zwangsläufig auch auf andere Datenformate stoßen. Eines noch vorweg: In der Literatur besteht keine Einigkeit darüber, ob nun Daten- oder Dateiformate die richtige Bezeichnung ist. Hier sind beide Begriffe gleichbedeutend. Den folgenden ist eines gemeinsam, sie basieren auf XML und können dadurch vergleichsweise einfach zwischen unterschiedlichen Applikationen ausgetauscht werden.

- KML (Keyhole Markup Language):
KML ist ein von Keyhole (heute Google) entwickeltes Dateiformat, das insbesondere von Google Earth genutzt wird, aber auch von Google Maps, ArcGIS Explorer oder NASA World Wind gelesen werden kann. Dasselbe gilt für KMZ (Keyhole Markup Language with ZIP Compression), das eine komprimierte Version von KML darstellt.
- GML (Geography Markup Language):
GML ist ein vom Open Geospatial Consortium entwickeltes Dateiformat.

Die nun folgenden Dateiformate zeigen nur einen kleinen Auszug aus der Liste, die hier eingefügt, dem Leser schnell die Lust am Weiterlesen dieser Arbeit trüben würde. Diese Liste findet sich in den Anlagen im Ordner [Script\Web\Pdf](#) wieder und vermittelt die besagte Unüberschaubarkeit in Bezug auf GPS-Dateiformate recht deutlich.

- **.trk - Fugawi Trackfile:**

TRK ist ein Dateiformat der mächtigen GPS-Software „Fugawi Global Navigator“. Trackdateien (Wegaufzeichnungen) können damit vom GPS-Gerät empfangen, bearbeitet, visualisiert, archiviert oder ans Gerät gesendet werden. Wegpunkte und Routen werden in diesem Format nicht gespeichert, sondern in Dateien mit der Endung .wpt bzw. .rte. Nicht alle Dateien mit der Endung .trk sind zwangsläufig ein Fugawi-Track. [KLOECK09]

- **.gdb - Garmin Datenbankversion:**

GDB ist ein Dateiformat des Marktführers Garmin. Die .gdb Dateien können direkt im hauseigenen Programm „MapSource“ geöffnet werden und auf ein Garmin-GPS-Gerät übertragen werden. Das Format eignet sich im Zusammenspiel mit „MapSource“ ebenfalls dazu, seine Wegpunkte, Routen oder Tracks vom Gerät zu empfangen, zu bearbeiten und zu archivieren. [KLOECK09]

- **.ovl - Overlay:**

Um Touren auf digitalen Landkarten („TOP50“-Serie der deutschen Landesvermessungsämter) anzeigen zu lassen, müssen die Daten in einem sogenannten Overlay-Format (.ovl) vorliegen. Overlay - Dateien können im Binär- oder ASCII-Format (für Konvertierung) gespeichert werden. Für den Datenaustausch zwischen „TOP50“ und GPS gibt es Konvertierungsprogramme wie GPSTrans (im „TOP50“-Lieferumfang), GarFile oder EASYtrans. [KLOECK09]*

- **.txt - ASCII-Textformat:**

(Mapsource Text-Datei, mit Tabs getrennt) - Dieses universelle Textformat kann nicht nur von GPS-Programmen verwendet werden, sondern es ist auch in Tabellenform (z.B. von Excel) zu öffnen. Es eignet sich gut um selektiv GPS-Daten zu importieren. [KLOECK09]

- **PCX5 Dateiformat:**

*PCX5 ist ein Text-Format und wird von vielen Anwendungen wie Gartrip, MapEdit etc. unterstützt. Zum Speichern im PCX5 Format muss im Datei-Dialog mit der Format Listbox *.trk, *.wpt oder *.rte ausgewählt werden.*

2.2.4 Kartenmaterial zur Erfassung von Geoinformationen

Ein weiteres Verfahren, um Geodaten zu erfassen, ist gedrucktes Kartenmaterial einzuscannen. Der OziExplorer und der Fugawi Global Navigator¹⁵ bieten zum Beispiel die Funktionalität, eingescannte Karten zu importieren und zu kalibrieren. Anschließend können diese Karten in ein GPS-Gerät eingebunden werden, um damit beispielsweise auf Reisen zu navigieren. Auch wenn bei der Recherche im Internet nicht viel darüber zu erfahren war, so wurde bei den wenigen Beschreibungen und Kommentaren immer wieder darauf hingewiesen, daß ein wenig Erfahrung dafür notwendig ist und zudem muß bei der Arbeit mit Karten sorgfältig vorgegangen werden. Weitere Ausführungen zum diesem Sachverhalt würden zu weit vom eigentlichen Thema wegführen. Wenn diesbzüglich Interesse besteht, so befinden sich in den Anlagen im Ordner [Web\Html\default.htm](#) zwei Anwenderberichte unter dem Titel „gedruckte Karten einscannen“, die Näheres dazu liefern.

2.3 Geo-Datenbanksysteme

Räumliche Datenbanksysteme (engl.: Spatial Database Systems) sind ein elementarer Bestandteil von Geographischen Informationssystemen (GIS). In einem Geodatenbanksystem werden Geoobjekte (siehe Abschn. 2.1.3) gespeichert. Das folgende Kapitel beschreibt Grundlagen und theoretische Aspekte von Datenbanksystemen (DBS). Diese Basis zielt vordergründig auf die in Kapiteln 3, 4 und 5 auftretenden generellen Zusammenhänge bei der Arbeit mit Datenbanken. *Geodatenbanksysteme* setzen auf vorhandenen Datenbanksystemen auf, die das Kernstück heutiger IT-Infrastrukturen sind. Auch wenn DBS entsprechendes Anwendungs- und Administrationswissen erfordert, so können andere, dateibezogene Softwaresysteme große Mengen von Daten nicht effizient verarbeiten und es entstehen Probleme hinsichtlich der Datenredundanz. Aus dem Grund ist es unerlässlich, die Datensicherheit und Datenunabhängigkeit durch Datenbanksysteme zu gewährleisten.

¹⁵Fugawi Global Navigator ist eine GPS-Software, die gescannte und digitale Karten importiert und kalibriert.

2.3.1 Aufbau von Datenbanksystemen

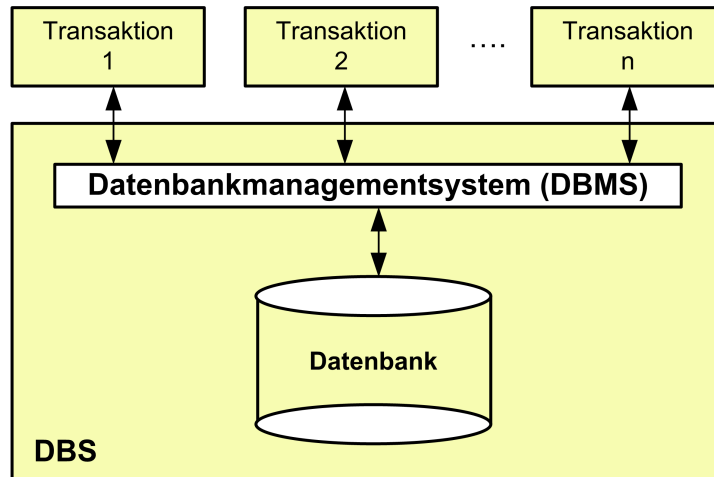


Abbildung 2.14: Aufbau eines Datenbanksystems

Datenbanksysteme bestehen aus zwei Bestandteilen: der Datenbank und dem Datenbankmanagementsystem.

2.3.2 Allgemeine Grundlagen

Auf der Grundlage von Abbildung 2.14 gilt es im Vorfeld eindeutige begriffliche Festlegungen zu definieren:

Eine Datenbank (DB) ist nach [SAAKE et al. 97] eine strukturierte Sammlung von Daten, welche Fakten über spezielle Anwendungen des modellierten Ausschnitts der realen Welt repräsentiert, die dauerhaft (persistent) und weitgehend redundanzfrei gespeichert wird.

Ein Datenbank-Management-System (DBMS) umfasst die Software, die eine Sammlung von Programmen bereitstellt, die das anwendungsunabhängige Erzeugen, Ändern und Löschen einer Datenbank ermöglicht. Unter einem Datenbanksystem (DBS) wird stets die Kombination eines DBMS mit einer oder mehreren, unterscheidbaren Datenbanken verstanden.

Ein Datenbankmodell definiert die theoretische Grundlage für ein Datenbanksystem und bestimmt mögliche Strukturen und Funktionen, die zur Beschreibung und Manipulation einer Datenbank eingesetzt werden können. Oft wird anstelle von Datenbankmodell auch verkürzt von Datenmodell gesprochen oder aber der Begriff wird als Synonym für Datenbankschema verwendet.

Datenbank-Schema werden mittels einer Data Definition Language (DDL) festgelegt. Instanzen eines solchen Schemas, d.h. die modellierten Objekte der realen Welt, können dann mit einer Data Manipulation Language (DML) erzeugt, geändert und gelöscht werden. Eine Anfragesprache (Data Query Language (DQL)) dient zur Abfrage der Instanzen. Einschränkungen bzgl. möglicher Ausprägungen von Datenbankschemata lassen sich durch Integritätsbedingungen festlegen.

Ein Datenbanksystem ist charakterisiert durch:

- eine integrierte Verwaltung globaler, persistenter Datenbestände mit gewährleister Konsistenz der Daten
- weitgehende Unabhängigkeit zwischen Definition der Daten und ihrer Abspeicherung
- deklarative, mengenorientierte Anfragesprachen ergänzt um einen Anfrageoptimierer
- kontrollierten Mehrbenutzerbetrieb
- Datensicherheit bei Fehlerfällen
- Schutz vor Mißbrauch der Daten

Abbildung 2.14 vermittelt den Zustand einer Datenbank, der im alltäglichen Betrieb vorliegt, nämlich der, daß beliebige Anwendungsprogramme über einer Datenbank ausgeführt werden können, die nicht nur Daten lesen, sondern auch ändern, einfügen oder löschen. Ausführungen von Programmen, die in dieser Weise dynamische Zustandsänderungen bewirken, werden als *Transaktionen* bezeichnet - sie transformieren einen gegebenen Datenbankzustand in einen neuen Datenbankzustand.

Als Konsequenz hierauf müssen Datenbanksysteme die folgenden Eigenschaften besitzen:

Atomicity: Die durch eine Transaktion bewirkte Änderung eines Datenbankzustandes sind atomar (nicht weiter zerlegbar) und werden entweder vollständig oder gar nicht vorgenommen.

Consistency: Eine Transaktion bewirkt einen konsistenten Zustandsübergang in der Datenbank. Inkonsistente Zwischenzustände können nicht ausgeschlossen werden und sind somit zulässig.

Isolation: Im allgemeinen wird eine Menge von Transaktionen zeitlich überlappend ablaufen (Mehrbenutzerbetrieb). Für den Benutzer bleibt das verborgen - die DB simuliert einen Einbenutzerbetrieb.

Durability: Wenn eine Transaktion erfolgreich ihr Ende erreicht hat, dann sind alle von ihr verursachten Änderungen dauerhaft (persistent).

Diese sogenannten *ACID*-Eigenschaften sollten im Prinzip schon bei der Programmierung dafür Sorge tragen, daß nur konsistente Zustände vorliegen. Die Umsetzung dieser Auflage ist allerdings in der Praxis kaum realisierbar. Die Gewährleistung dieser Eigenschaften kann somit nur ein Datenbankmanagementsystem übernehmen. Es muß gewissermaßen eine Entkopplung zwischen der Anwendung und der Datenbank stattfinden und das verfolgt das Konzept der Datenunabhängigkeit. Folgende Fälle werden unterschieden:

- **Physische Datenunabhängigkeit:** Die konzeptionelle Sicht auf einen Datenbestand ist unabhängig von der für die Speicherung der Daten gewählten internen Datenstruktur.
- **Logische Datenunabhängigkeit:** Entkopplung der Datenbank von Änderungen und Erweiterungen der Anwendungsschnittstelle.

Die Datenunabhängigkeit wird durch die Schema-Architektur in Abbildung 2.15 erreicht.

2.3.3 Datenbank-Schema

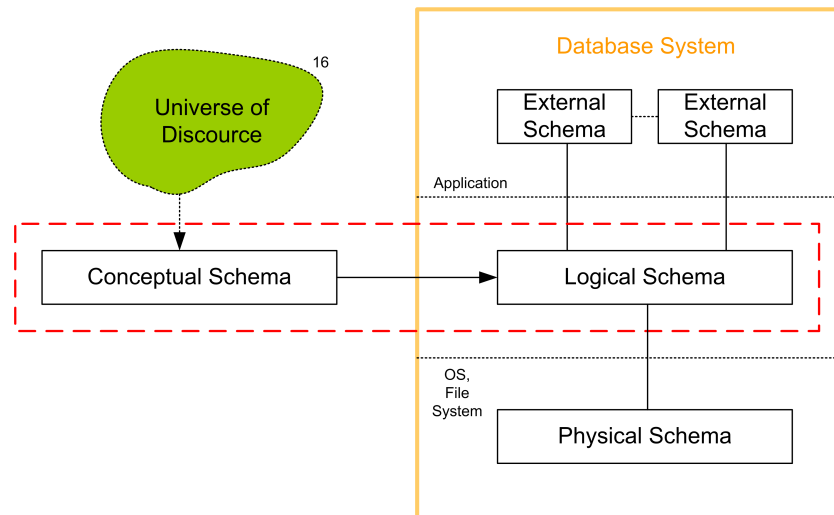


Abbildung 2.15: Datenbank-Schema
[STUEB09]

Universe of Discourse¹⁶ - That part of the real world to be modelled in our database

Schemaarchitektur: [STUEB09]

- Conceptual Schema (Specification of DB-Model)
 - general formal view
 - description of the Universe of Discourse
 - computer independent
- Physical Schema
 - dependent on DBMS and computer system
 - data representation by pointers, links etc.
 - In general no direct user access (Exception: Cluster, Indexe etc.)
 - Access for administrator

¹⁶Augustus de Morgan, 1847

- External Schema
 - Special view at the logical schema, usually application specific.
- Logical Schema (implemented conceptual schema)
 - general logical view
 - dependent on DBS
 - independent of a computer system

2.3.4 Datenspeicherung räumlicher Objekte

Zur Speicherung von Daten haben sich relationale Datenbankmanagementsysteme (kurz RDBMS) bewährt. In RDBMS werden Daten in primitiven Datentypen gespeichert. Demnach müssen räumliche Objekte in einfache Datentypen überführt werden, wodurch geographische Daten über mehrere Relationen und mehrere Tupel gespeichert und bei entsprechenden Anfragen aggregiert werden müssen. Mit diesem Ansatz kann zwar die verbreitete Anfragesprache Structured Query Language (SQL) verwandt werden, allerdings ist die schlechtere Performanz durch die Verteilung auf viele Relationen und Tupel ein Nachteil.

Um diesem Nachteil zu begegnen, wird eine Erweiterung von RDBMS angestrebt. Geographische Objekte werden dabei in neu definierten Datentypen wie Punkte, Linien und Polygonen gespeichert. Dieser Ansatz folgt dem objekt-relationalen Ansatz von DBMS.

2.3.5 Objektrelationale Datenbanksysteme

Mit dem Einsatz der objektorientierten Programmiersprachen (Java, C#) in der Software-Entwicklung wurde dieser Gedanke auch bei den Herstellern von Datenbanksystemen aufgefaßt. Der Grundstein für objektorientierte DBS war gelegt.

2.3.6 Anforderungen an Geodatenbanksysteme

Ein Geodatenbanksystem muß die erforderlichen Datentypen für Geoobjekte bereitstellen und hinreichend gut unterstützen. Gezielte Anforderungen sind:

- das Geodatenbanksystem muß geometrische Datentypen (Point, Polygone etc.) anbieten
- es muß Methoden für die geometrischen Datentypen zur Verfügung stellen
- die geometrischen Datentypen müssen so aufgebaut sein, daß sie problemlos von anderen GIS Anwendungen genutzt werden können

2.3.7 Oracle spezifisch

In Hinblick auf die in den Kapiteln 3, 4 und 5 auftretende Arbeit mit einem Oracle Datenbanksystem soll an dieser Stelle ein kleines Oracle spezifisches Fundament gelegt werden. Die kleine Übersicht ist auf die Oracle-Datentypen und auf die Oracle-Constraints ausgerichtet.

Datentypen:

Datentyp	Erklärung
VARCHAR2(n)	Variable Zeichenkette der maximalen Länge n
VARCHAR(n)	wie VARCHAR2
CHAR(n)	Feste Zeichenkette von n Byte, n zwischen 1 und 2000
NCHAR, NVARCHAR	Zeichenketten mit anderem Zeichensatz als dem der Datenbank
NUMBER(p, s)	p von 1 bis 38 (Gesamtzahl der Stellen) und s von -84 bis 127 (Vor- bzw. Nachkommastellen)
DATE	Gültiger Datumsbereich von -4712 bis 31.12.9999
LONG	Variable Zeichenkette bis zu 2 GB
RAW(n)	Binärdaten der Länge n, n zwischen 1 und 2000 Bytes
LONG RAW	Binärdaten bis zu 2 GB
CLOB	Zeichenketten bis 4 GB
BLOB	Binärdaten bis 4 GB
CFILE, BFILE	Zeiger auf Dateien (Text, Binär)

Tabelle 2.6: Oracle Datentypen

Constraints:

Constraint	Erklärung
NOT NULL	Spalte muß stets gefüllt sein
UNIQUE	Spalte oder Spaltenkombination ist eindeutig
PRIMARY KEY	Spalte oder Spaltenkombination ist Primärschlüssel
FOREIGN KEY	Spalte oder Spaltenkombination muß in einer separaten Tabelle als Schlüssel vorhanden sein
ON DELETE CASCADE	kaskadierendes Löschen (Vorsicht!)
CHECK	Boolscher Ausdruck ist wahr

Tabelle 2.7: Oracle Constraints

2.4 Fazit

Was in den 1960er Jahren als erstes Geoinformationssystem entstand, hat sich in den letzten Jahrzehnten rasant zu einem hochtechnologisierten Sektor entwickelt. Geoinformationssysteme haben mittlerweile eine Vielzahl von IT-Schichten erobert. Die Hauptkomplexe wie die Geographie, die Fernerkundung, die Kartographie und die Informatik bieten dabei viel Raum, um auch in Geschäftsfelder vorzudringen, die jedem die Möglichkeit bietet, GIS einzusetzen. Die Standardisierungsbemühungen, die seit der Mitte der 1990er Jahre forciert werden, sind aus der Notwendigkeit geboren, daß sich die Vielschichtigkeit und Komplexität Geographischer Informationssysteme intensiviert haben.

Der Trend zu Mobile GIS verdeutlicht den vielseitigen Einsatz dieser Technologie. Doch die Unüberschaubarkeit der eingesetzten Datenformate im Bereich der mobilen Navigation begründet den Bedarf an genormten, offenen Schnittstellen.

Als Geoinformationssysteme ihre Daten noch in Dateisystemen ablegten, waren keine Standard-Geodatenbanksysteme verfügbar. Die Entwicklung der Geodatenbanksysteme brachte die gewünschte Datensicherheit und Datenunabhängigkeit, die allerdings erfordert im Gegenzug ein hohes Maß an Anwendungs- und Administrationswissen. Die Erweiterung der relationalen Datenbanksysteme um objektorientierte Ansätze schlägt sich vordergründig zugunsten der Performanz nieder.

3 GPX und XML

Die Diskussionsbasis und der Grundgedanke liegen im einfachen Austausch geographischer Informationen zwischen verschiedenen Programmen. In diesem Kapitel wird die Verknüpfung zwischen GPX, auf der Basis von XML, und den darin eingebetteten Geodaten herausgearbeitet.

Das *GPS eXchange Format* (GPX) ist ein von TopoGrafix entwickeltes, offenes und freies Dateiformat mit der Endung .gpx, das sich insbesondere für GPS-Daten eignet. Seit 1998 entwickelt TopoGrafix erschwingliche Kartensoftware (ExpertGPS¹⁷) für Outdoor-Enthusiasten und Fachleute im Bereich der Geoinformationssysteme, dem CAD Sektor und für die Industrie als Zulieferer drahtloser Kommunikation [TOPO].

Gedruckte Literatur im Rahmen von GPX ist derzeit nicht greifbar, deshalb kann nach dem Hintergrund für die Entwicklung dieses Dateiformats nur spekuliert werden. Vermutlich standen sie als Hersteller von Kartensoftware vor derselben Problematik - der Vielzahl an Dateiformaten, so daß sie kurzer Hand zur Eigenentwicklung griffen.

GPX findet bereits eine breite Unterstützung unter den Anwendungen. Wie bereits erwähnt, ist der Mangel an Literatur in Bezug auf diese Thematik erheblich, aber durch die gut verständliche Auszeichnungssprache XML und gut strukturierter Freeware¹⁸ konnten die notwendigen Untersuchungen diesbzgl. kompensiert werden.

3.1 Datenaustausch auf Basis von XML

XML wurde 1998 vom World Wide Web Consortium (W3C) veröffentlicht. Mittlerweile gibt es kaum noch Anwendungsfelder, in dem XML nicht als Basis fungiert. Das besondere an XML ist, daß nicht nur die reinen Daten, sondern auch die Metadaten in einem XML-Format enthalten sind. Rein technisch betrachtet ist XML ein sehr redundantes und aufgeblähtes Format, das aber wiederum den Vorteil der Plattformunabhängigkeit bietet.

¹⁷Die erfassten Waypoints und Tracklogs werden eingelesen und als Areal auf einer topographischen Karte dargestellt.

¹⁸Software, die vom Urheber zur kostenlosen Nutzung zur Verfügung gestellt wird.

Viele Unternehmen wickeln ihre Tätigkeiten mit steigender Tendenz über das Internet ab. Der Wirkungsbereich des E-Commerce nimmt stetig zu, d.h. die wachsende Datenrepräsentation bildet die Grundlage für die Extensible Markup Language (XML).

3.2 GPX-Daten verpackt in XML

Am Anfang der Entwicklung steht ein XML-Dokument, das in reinem ASCII-Text-Format dargestellt wird. Es kann somit in jedem Texteditor geöffnet und erstellt werden. Das Dokument enthält, wie in HTML, die *Tags* `<Tagname>`, ein öffnender Tag, und `</Tagname>`, der zugehörige schließende Tag sowie die zu verarbeitenden Daten. Dabei wird es in zwei Bereiche eingeteilt, den Prolog mit den Angaben zum XML-Dokument, in die Schemadefinition und in den eigentlichen Inhalt. Als *Element* wird der Inhalt zwischen dem Start- und dem zugehörigen End-Tag bezeichnet `<Tagname>Text</Tagname>`. Listing 3.1 zeigt einen Auszug aus einer XML-basierten GPX-Datei (Komotauer Land)¹⁹, das den Aufbau einer XML-Datei veranschaulicht. Im Verlauf dessen werden auch einige spezielle Elemente einer GPX-Datei vorgestellt.

¹⁹Studienmaterial von Prof. Stübner - Hochschule Mittweida (FH)

3 GPX und XML

```
1
2
3 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
4 <gpx xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1" creator="MapSource 6.13.6" version="1.1"
   xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://
   www.garmin.com/xmlschemas/GpxExtensions/v3 http://www.garmin.com/xmlschemas/
   GpxExtensions/v3/GpxExtensionsv3.xsd http://www.topografix.com/GPX/1/1 http://www.
   topografix.com/GPX/1/1/gpx.xsd">
5
6   <metadata>
7     <link href="http://www.garmin.com">
8       <text>Garmin International</text>
9     </link>
10    <time>2009-01-05T14:38:53Z</time>
11    <bounds maxlat="50.7070890" maxlon="13.7084933" minlat="50.3413296" minlon="
       12.5217800"/>
12  </metadata>
13
14  <wpt lat="50.4962000" lon="13.3376500">
15    <time>2007-01-12T12:10:54Z</time>
16    <name>2. Grundmuehle, U Karla</name>
17    <cmt>Milan (0420)474/686012, priv /659834, Zlatopramen</cmt>
18    <desc>Milan (0420)474/686012, priv /659834, Zlatopramen</desc>
19    <link href="file://D:/GIS/OziExplorer/Maps/OreMtn/POIs/pictures/2%20Grundmuehle.jpg
       "/>
20    <sym>Restaurant</sym>
21    <extensions>
22      <gpxx:WaypointExtension xmlns:gpxx="http://www.garmin.com/xmlschemas/
        GpxExtensions/v3">
23        <gpxx:DisplayMode>SymbolAndName</gpxx:DisplayMode>
24        <gpxx:Categories>
25          <gpxx:Category>Category 16</gpxx:Category>
26        </gpxx:Categories>
27      </gpxx:WaypointExtension>
28    </extensions>
29  </wpt>
30
31  ...
32
33 </gpx>
```

Listing 3.1: GPX-Datei - Komotauer Land

Die folgende Liste gibt einen Überblick darüber, welche Regeln das World Wide Web Consortium vorgibt:

- Groß- und Kleinschreibung:
ist in XML-Dokumenten im Gegensatz zu HTML relevant

- wohlgeformt (engl. well-formed):
zu jedem Start-Tag muß es ein End-Tag geben, sehr hilfreich war diesbezüglich der XML-Editor von Altova²⁰, mit dem die Wohlgeformtheit überprüft werden kann
- Wurzel(Root)-element:
es muß genau ein Element geben, das alle anderen vollständig beinhaltet, im Fall eines GPX-Dokuments zeigt das folgender Ausdruck: `<gpx>`
- XML-Deklaration:
muß am Anfang eines jeden XML-Dokuments stehen, um es als XML auszuweisen:

```
1
2 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
```

Listing 3.2: XML-Deklaration

- Attribute:
ein Element kann in seinem Start-Tag ein oder mehrere Attribute besitzen,

```
1
2 <gpx xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1" creator="MapSource 6.13.6" version="1.1"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.garmin.com/xmlschemas/GpxExtensions/v3 http://www.garmin.com/xmlschemas/GpxExtensions/v3/GpxExtensionsv3.xsd http://www.topografix.com/GPX/1/1 http://www.topografix.com/GPX/1/1/gpx.xsd">
```

Listing 3.3: Attribute im GPX Wurzelement

Attribute dienen der Identifikation von Elementen, Listing 3.3 zeigt das anhand der farblich gekennzeichneten Passagen

Der zurückliegende Abschnitt befaßte sich mit den Grundlagen der XML-Technologie und diente mit Auszügen aus GPX-Beispieldateien sozusagen als Wegweiser für die kommenden Abschnitte.

²⁰Altova XMLSpy - Powerful XML editor, www.Altova.com

3.2.1 XML-Schema

Die Daten eines XML-Dokuments lassen sich in Form eines *XML-Schemas* spezifizieren. Über diese Möglichkeit kann die Gültigkeit von Datensätzen beschrieben werden. Ähnlich wie bei der Datenbankarbeit mit Oracle, in der bestimmte „Constraints“²¹ und „Datentypen“ festgelegt werden, findet auch diese Definition eine gleichbedeutende Anwendung. Ein mit XML-Schema beschriebenes Dokument kann anhand der Semantik auf seine Gültigkeit überprüft werden.

Eine solche Validierung²² wird beispielsweise mit einem XML-Editor durchgeführt. Das XML-Schemadokument selbst basiert auf XML. Am Schluß dieses Kapitels rückt das XML-Schema bei der Projektentwicklung mit JAXB 2.0²³ wieder in den Vordergrund. Doch bevor es soweit ist, steht die Einbindung einer sogenannten *XML Schema Definition* (XSD) mit der Endung .xsd [BRINK08] vorne an. Listing 3.3 veranschaulicht diesen Sachverhalt. Herauszuarbeiten sind dabei folgende Punkte:

- das Attribut definiert den Namensraum des Zieldokuments,

```
1
2 <gpx xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1" </gpx>
```

Listing 3.4: Definition des Namensraums

- das Attribut deklariert den Namensraum (typischerweise mit dem Präfix xsi),

```
1
2 <gpx xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" </gpx>
```

Listing 3.5: Deklaration des Namensraums

²¹Definition von Integritätsbedingungen

²²auf die Einhaltung der Standards hin überprüfen

²³Java Architecture for XML Binding

- das Attribut `xsi:schemaLocation` verknüpft das Zieldokument und die Schemadefinition. Dazu enthält es den Namen des Zieldokuments und den Namen der Datei, die die Schemadefinition enthält,

```
1
2 <gpx xsi:schemaLocation="http://www.garmin.com/xmlschemas/GpxExtensions/v3 http://
  www.garmin.com/xmlschemas/GpxExtensions/v3/GpxExtensionsv3.xsd http://www.
  topografix.com/GPX/1/1 http://www.topografix.com/GPX/1/1/gpx.xsd"></gpx>
```

Listing 3.6: Schemadefinition

Die Validierung der XML-Dokumente war im Zuge der Implementierung teilweise recht problematisch. Bereits bei geringen Abweichungen meldete sich der XML-Prozessor. Wer den Code aufmerksam gelesen hat, dem fällt auf, daß eine Verknüpfung zu einer *Garmin-Schema-Definition* besteht. Näheres dazu im Abschnitt 3.2.3.

Das fehlende Puzzle zu diesem Sachverhalt ist die eigentliche XSD-Datei, die das Listing 3.7 auszugsweise zeigt. Die komplette XSD hat 758 Zeilen, nur um den Umfang der Geographischen Informationen einmal hervorzuheben.

```

1
2 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
3 <xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns="http://www.topografix.
  com/GPX/1/1" targetNamespace="http://www.topografix.com/GPX/1/1" elementFormDefault
  ="qualified" attributeFormDefault="unqualified">
4   <xsd:annotation>
5     <xsd:documentation>
6       GPX schema version 1.1 – For more information on GPX and this schema, visit http://
        www.topografix.com/gpx.asp
7     </xsd:documentation>
8     GPX uses the following conventions: all coordinates are relative to the WGS84 datum.
        All measurements are in metric units.
9     </xsd:documentation>
10  </xsd:annotation>
11  <xsd:element name="gpx" type="gpxType">
12    <xsd:annotation>
13      <xsd:documentation>
14        GPX is the root element in the XML file.
15      </xsd:documentation>
16    </xsd:annotation>
17  </xsd:element>
18  <xsd:complexType name="gpxType">
19    ...
20    <xsd:sequence>
21      <xsd:element name="metadata" type="metadataType" minOccurs="0">
22        <xsd:annotation>
23          <xsd:documentation>
24            Metadata about the file.
25          </xsd:documentation>
26        </xsd:annotation>
27      </xsd:element>
28      <xsd:element name="wpt" type="wptType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
29        <xsd:annotation>
30          <xsd:documentation>
31            A list of waypoints.
32          </xsd:documentation>
33    </xsd:sequence>
34  </xsd:complexType>
35 </xsd:schema>

```

Listing 3.7: XSD-Datei von Topografix

Der Kopf dieses Dokuments beinhaltet das Wurzelement *schema*. Die Attribute die das Schema-Element `xsd:schema` zeigt, definieren den Namensraum für das World Wide Web Consortium (XML-Namensraum) und für TopoGrafix. Was die Angabe des Namensraums bewirkt, klärt der nächste Abschnitt. Die Verbindung zwischen der GPX- und der XSD-Datei würde am deutlichsten hervorgehoben, wenn sich die Listings 3.1 und 3.7 direkt gegenüberstünden. Die Beschreibung der Elemente des Zieldokuments erfolgt über *element*- und *attribut*-Elemente. Das Attribut *name* definiert den Namen das

Elements im Zieldokument. In dem Fall das Wurzel(Root)-element *gpx* der GPX-Datei. Das Attribut *type* legt den Datentyp eines Attributs im Zieldokument fest.

xsd:complexType und *xsd:simpleType* definieren Inhaltsmodelle, d.h. welche Child- Elemente und welcher Text eingeschlossen sein dürfen.

- *xsd:complexType* = komplexer Typ
- *xsd:simpleType* = einfacher Typ

Das Wurzelement *gpx* ist ein komplexer Typ, da weitere Elemente eingebettet sind. Abbildung 3.1 listet diese Elemente auf und stellt gleichermaßen die Grundstruktur einer GPX-Datei dar. Elemente auf Basis des einfachen Typs besitzen demnach keine Unterelemente.

Die Möglichkeit wie in der Datenbanktechnik die Komplexität oder den Grad einer Beziehung über die Kardinalität festzulegen, bietet auch die XML-Technologie mit einem verwandten Ansatz. Durch die Angabe der Attribute *minOccurs* und *maxOccurs* bei der Elementdeklaration wird eine Unter- und Obergrenze für die Anzahl der erlaubten Elemente angegeben. Der Wert für *minOccurs* wird standardmäßig auf 1 gesetzt, falls das Attribut keinen Wert erhält.

Das komplette Schema befindet sich in den Anlagen im Ordner [Script\Gpx\TopoGrafix](#) und ist beim Aufruf der [start.html](#) im Browser darstellbar.

3.2.2 XML-Namensraum

In der Einleitung zum XML-Schema wurde bereits erwähnt, daß durch die Anwendung eines XML-Schemas die Gültigkeit eines Dokuments anhand der Semantik überprüft werden kann. Ein Namensraum (engl. Namespace) schafft also einen gemeinsamen Kontext für eine Menge von Elementen, Attributen und Datentypen. Ziel ist die einheitliche und eindeutige Bezeichnung der Elemente.

3.2.3 GPX-Struktur

Der folgende Kommentar stammt aus dem XSD-Dokument und beschreibt die grundlegende Struktur eines GPX-Dokuments:

„GPX documents contain a metadata header, followed by waypoints, routes, and tracks. You can add your own elements to the extensions section of the GPX document.“

Abbildung 3.1 untermauert diesen Kommentar.

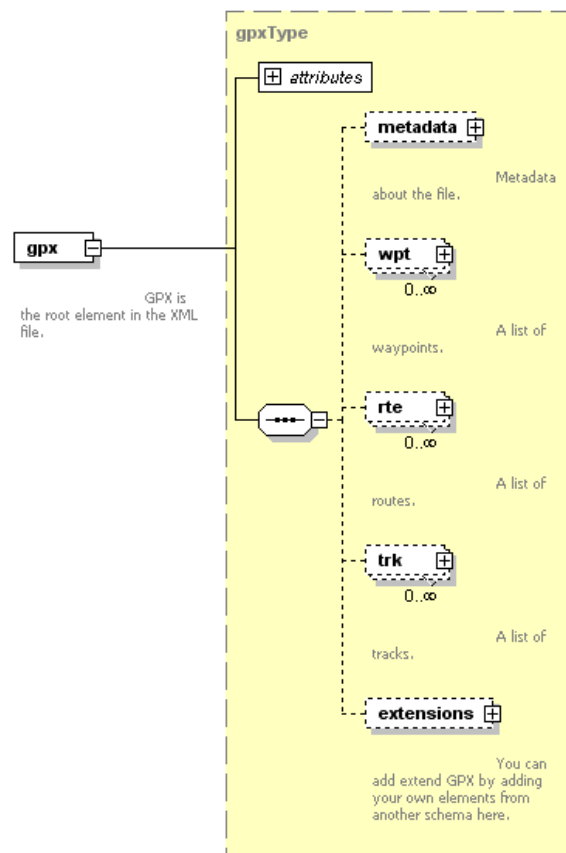


Abbildung 3.1: GPX-Struktur²⁴

²⁴Generated by XMLSpy, www.altova.com

Die Elemente *waypoints* (*wpt*), *routes* (*rte*), und *tracks* (*trk*) treten wie in Abschnitt 2.2.2 beschrieben hier wieder in Erscheinung. Listing 3.8 legt die wesentlichen und kommentierten Elemente am Beispiel *wpt* dar.

```

1      <!-- metadata - liefert Infos über die GPX-Datei -->
2
3
4      <metadata>
5          <link href="http://www.garmin.com"> <!-- Urls, die den Waypoint beschreiben -->
6              <text>Garmin International</text>
7          </link>
8          <time>2009-01-05T14:38:53Z</time> <!-- Datum der Erstellung der Datei -->
9
10         <!-- Minimum- und Maximum-Koordinaten -->
11         <bounds maxlat="50.7070890" maxlon="13.7084933" minlat="50.3413296" minlon="
12             12.5217800"/>
13     </metadata>
14
15 <!-- wpt - beinhaltet die Attribute Lat und Lon (Koordinatenpaar) und
16     beschreibt in den Child-Elementen die Details zum Waypoint -->
17
18 <wpt lat="50.4051500" lon="12.8346000"> <!-- Latitude, Longitude in Dezimalgrad(WGS84)
19     POI - Point of Interest -->
20     <time>2007-02-18T13:02:20Z</time> <!-- Zeit- und Datumsstempel -->
21     <name>Alte Schule</name> <!-- Name des Waypoint -->
22     <cmt>Bernard, not too bad</cmt> <!-- GPS-Kommentar -->
23     <desc>Bernard, not too bad</desc> <!-- Elementbeschreibung -->
24
25     <!-- Link für zusätzliche Informationen zum Waypoint (Bild zur 'Alte Schule') -->
26     <link href="file://D:/GIS/OziExplorer/Maps/OreMtn/POIs/pictures/Alte%20Schule.JPG"/
27         >
28     <sym>Restaurant</sym> <!-- Text für GPS-Symbolname -->
29
30
31     <!-- Einbindung der WaypointExtension von Garmin (siehe Abb. 3.3) -->
32
33     <extensions>
34         <gpxx:WaypointExtension xmlns:gpxx="http://www.garmin.com/xmlschemas/
35             GpxExtensions/v3">
36             <gpxx:DisplayMode>SymbolAndName</gpxx:DisplayMode>
37         </gpxx:WaypointExtension>
38     </extensions>
39 </wpt>

```

Listing 3.8: Waypoint - Komotauer Land

Diese Elemente und Attribute bilden ausgehend von der XML Schema Definition (XSD) die Grundlage für die Erstellung einer Datenbankstruktur (Datenmodell) in Kapitel 4. Sehr hersteller- bzw. geräteabhängig ist allerdings die Belegung der Elemente und Attribute mit Werten.

Weiter oben im Text wurde bereits auf die Besonderheit hinsichtlich des *extensions*-Elements hingewiesen. Ebenfalls farblich hervorgehoben werden innerhalb dieses Elements andere, herstellerspezifische Schema-Definitionen, eingebunden, die für GPX 1.1 genutzt werden können. Abbildung 3.2 illustriert das *extensionType*-Element aus der TopoGrafix-Schema-Definition und Abbildung 3.3 liefert das passende Element aus der Garmin-Schema-Definition.

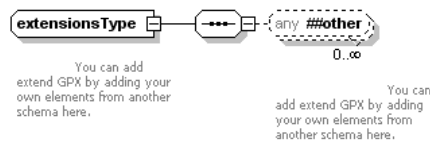


Abbildung 3.2: extensionsType aus der XSD-Datei²⁵

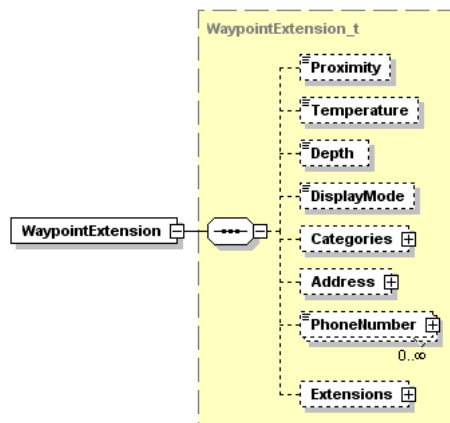


Abbildung 3.3: Garmin - WaypointExtension²⁶

²⁵Generated by XMLSpy, www.altova.com

²⁶Generated by XMLSpy, www.altova.com

Aus Gründen der Übersichtlichkeit kann hier nur mit Auszügen aus den Schema-Dateien (XSD) gearbeitet werden. Die jeweiligen kompletten Schemas befinden sich auf der CD-ROM. Zu finden unter folgenden Ordnern:

- *Für TopoGrafix:*
im Ordner [Script\Gpx\TopoGrafix](#)
- *Für Garmin:*
im Ordner [Script\Gpx\Garmin](#)

Diese sind jeweils über den Aufruf der [start.html](#) im Browser darstellbar. Darin sind alle verfügbaren Elemente und Attribute zu sehen.

3.3 Projektentwicklung

Im Zuge dieses Kapitels gilt es die *Schwerpunkthematik GPX (XML)* in Form des praktischen Teils dieser Diplomarbeit umzusetzen. Die konkrete Aufgabenstellung sieht vor, daß die Geodaten aus einer vorliegenden GPX-Datei (.gpx) in eine Java-Applikation eingelesen und dort dem Nutzer angezeigt werden. Die Projektentwicklung ist gewissermaßen in zwei Teilprojekte untergliedert.

Teil 1 implementiert den Datenaustausch zwischen GPX und Java. Teil 2 wird von Java aus die Anbindung an Oracle verwirklichen. Das Bestreben bezüglich der Umsetzung des Gesamtkonzepts zeichnet sich dadurch aus, eine gut integrierbare Lösung in die bestehenden Bedingungen mit XML und Java als plattformunabhängige, offene Einheit zu finden. Die Untersuchung der Aufgabenstellung im Vorfeld ergab viele Ansatzmöglichkeiten diesbezüglich.

Der erste Projektteil wird anhand von Codeauszügen zur näheren Erläuterung kommen. Im Gegensatz dazu wird Teil zwei, der Transfer von Java zu Oracle, ausschließlich theoretischen Charakter besitzen.

3.3.1 Problemstellung

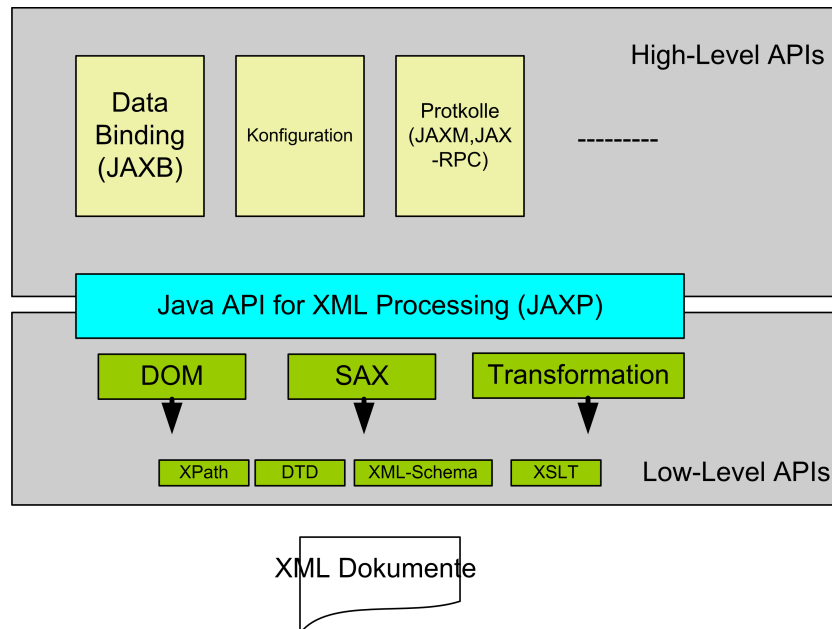


Abbildung 3.4: Problemstellung Projektentwicklung GPX->Java

Die Erarbeitung im Vorfeld hinsichtlich der möglichen Umsetzung faßt Abbildung 3.4 grundlegend zusammen. So stolpert man zwangsläufig über Technologien wie SAX und DOM. Beide verfolgen unterschiedliche Ansätze und Speicherphilosophien. Letztendlich fiel die Entscheidung aufgrund der Forderung einer guten Integration auf das *Java Architecture for XML Binding* (JAXB). Der Grund hierfür liegt in der Schema-Architektur von JAXB, die sich in das Konzept dieser Arbeit gut einfügt. Des weiteren gibt es eine Reihe von Vorteilen, die JAXB gegenüber SAX, DOM oder XSLT den Vortritt gaben. Die deutlich bessere Performance bei komplexen Aufgaben, übersichtlicher und robuster (dadurch weniger fehleranfällig) und geringerer Wartungsaufwand zeichnen dieses Open-Source-Projekt aus.

Mit JAXB war zwar ein Weg gefunden, der den Ansprüchen in diesem Teil des Projekts entsprach, aber insofern war es eben nur ein Teil im Gesamtkonzept dieser Arbeit. Mit dem Open-Source-Projekt Hibernate konnte der fehlende Teil vervollständigt werden und somit die Lücke mittels des objektrelationalen Mappings zu Oracle schließen. Hier werden zwei Technologien mit dem gleichen Lösungsansatz kombiniert. Die Grundlagen beider bilden eine Schema-Datei: JAXB bindet die XML-Struktur an Java-Objekte,

Hibernate²⁷ nutzt den Zustand dieser Objekte und speichert sie in einer relationalen Datenbank ab. Eine Übersicht bietet Abbildung 3.5.

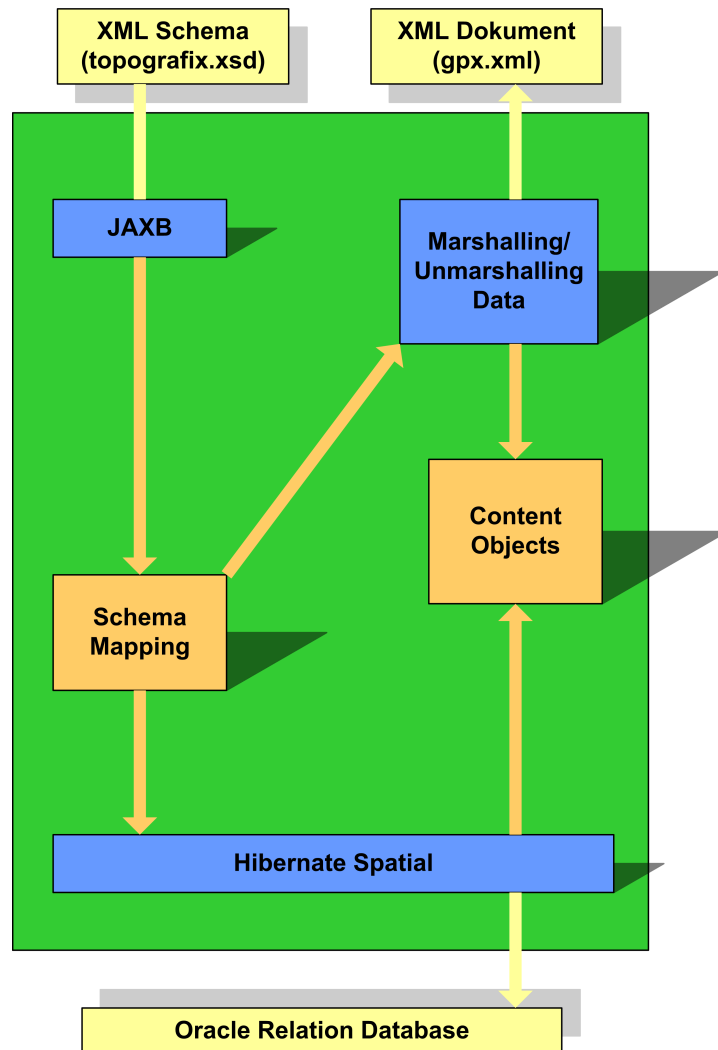


Abbildung 3.5: Gesamtkonzept des Projekts

²⁷Open-Source-Persistenz-Framework für Java.

3.3.2 JAXB im Überblick

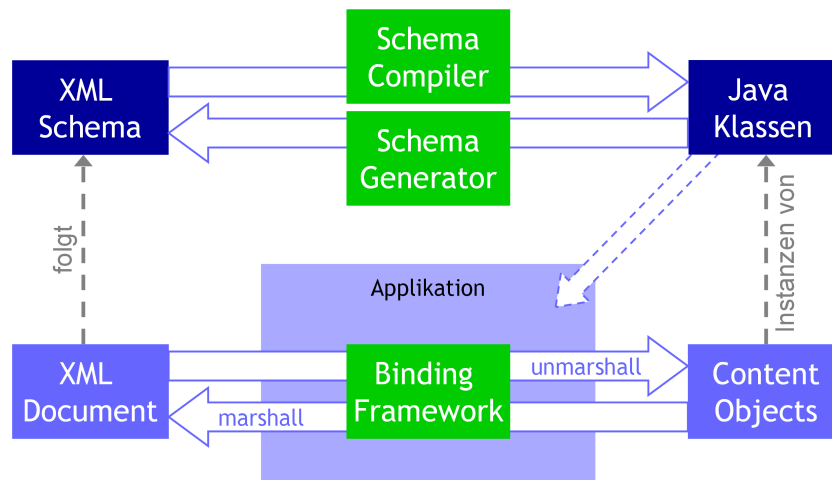
Was ist JAXB?

JAXB ist aus dem Java Community Process, kurz JCP, hervorgegangen. Die Entwicklung und Verwaltung der Implementierung wird durch das JAXB-Projekt betrieben, das von Sun als Open-Source-Projekt veröffentlicht wurde. Erstmals vorgestellt wurde JAXB in der Version 1.0. Die aktuelle Version ist 2.1, die auch die Grundlage für das Projekt sein wird.

Aus der Abbildung 3.4 geht hervor, daß die *Java Architecture for XML Binding* (JAXB) eine High-Level-API²⁸ ist, mit der dem Anwendungsentwickler eine Möglichkeit gegeben wurde, die XML und eine Java-Applikation optimal kommunizieren zu lassen. Das Ziel war es JAXB so auszurichten, daß die API eine wesentlich abstraktere Ebene darstellt als das bei SAX und DOM der Fall ist, und somit einen neuen parser-basierten Ansatz schafft.

Entwicklern ist damit ein Werkzeug in die Hand gegeben worden, um XML auf eine möglichst einfache Art und Weise in eine Java-Applikation zu integrieren. Der intuitive Einsatz lässt die XML-Daten effektiv nach Java einlesen, dort verarbeiten und wieder nach XML abspeichern. Was die Architektur von JAXB 2.1 aus Abbildung 3.6 so nahtlos in das Konzept dieses Abschnitts einfügen lässt, ist, daß es eine vollständige Unterstützung der W3C XML-Schemasprache bietet.

²⁸Application Programming Interface

Abbildung 3.6: Java Architecture for XML Binding (JAXB)²⁹

JAXB übernimmt im wesentlichen drei Aufgaben. Das „Binden“ des XML-Schemas - hierbei ist das „Binden“ mit Umsetzen gleichzusetzen. Der Binding-Prozess ist Voraussetzung für weitere Manipulationsoperationen auf der Datenbasis. Es werden Java-Klassen in ein Package generiert, die den Elementen entsprechen, die im XML-Schema definiert wurden. Das *Unmarshalling* ist das Entpacken der Datenquelle. Während des Unmarshalling-Prozesses werden die Elemente des XML-Dokuments und ihre Inhalte in Instanzen der Java-Objekte umgesetzt, die während des Binding-Prozesses generiert wurden. Und das *Marshalling* ist das Verpacken der Daten. Der Marshall-Prozess bildet die Java-Objekte und ihre Inhalte in XML ab. [SUN]

3.3.3 JAXB-Umsetzung

Die Umsetzung kommt in diesem Abschnitt im Zuge der Projektentwicklung mit konkreten Fakten zur Ausführung. Sie verdeutlicht die generelle Vorgehensweise beim Einsatz dieser alternativen Kommunikationsschnittstelle in Hinblick auf das gesetzte Ziel, den Datentransfer zwischen GPX und Java zu verwirklichen.

Das Ziel des Binding-Prozesses ist das Generieren einer Klassenstruktur, deren Hierarchie der des XML-Schemas entspricht. Sämtliche Elemente des Schemas sollen eine analoge Repräsentation als Java-Objekt erfahren, mit dessen Hilfe bekommt eine An-

²⁹nach Sun(JAXB) - <http://java.sun.com/developer/technicalArticles/Webservices/jaxb/>,
verfügbar 28.04.2009

wendung manipulativen Zugriff auf die im XML gekapselten Daten. Notwendig für den Binding-Prozess ist ein Schema Compiler. Dieser *XML-to-Java-Compiler* (XJC) wird bei der Referenzimplementierung von JAXB in einem eigenen JAR-Archiv *jaxb-xjc.jar* mitgeliefert. Diese Java-Bibliothek muß in das Java-Projekt eingebunden werden. Die Verwendung der Programmieroberfläche Eclipse bietet hinsichtlich der Generierung der Java-Klassen ein Plugin an, mit deren Hilfe die Ausführung recht einfach gestaltet ist. Nachdem nun die vorbereiteten Arbeiten erledigt sind, zeigt das Listing 3.10 nun auszugsweise die bereits bekannte TopoGrafix-Schema-Datei, an der die Generierung der Java-Klassen erläutert wird:

```

1
2 <xsd:schema ... >
3
4 ...
5
6     <xsd:element name="gpx" type="gpxType">
7
8     ...
9
10    </xsd:element>
11
12 <!-- name="gpxType" => Ergebnis der Generierung: GpxType.java -->
13 <xsd:complexType name="gpxType">
14
15 ...
16
17 </xsd:complexType>
18
19 ...
20
21 <!-- name="metadataType" => Ergebnis der Generierung: MetadataType.java -->
22 <xsd:complexType name="metadataType">
23
24 <!-- Festlegung des Datentyps für das Attribut >name<, in dem Fall ein String-Wert -->
25     <xsd:element name="name" type="xsd:string" minOccurs="0">
26         ...
27     </xsd:element>
28
29 </xsd:complexType>
30 ...
31
32 </xsd:schema>

```

Listing 3.9: JAXB - Generierung der Klassen aus dem XSD-Schema

Die im XML-Schema referenzierten Elemente werden dem Nutzer durch automatisch generierte Getter- und Setter-Methoden zugänglich gemacht.

```
1 ...
2
3 public class MetadataType {
4
5     protected String name; // Attribut der Klasse
6     protected String desc;
7     protected PersonType author;
8     protected CopyrightType copyright;
9     protected List<LinkType> link;
10 ...
11     // Getter-Methode
12     public String getName() {
13         return name;
14     }
15
16     // Setter-Methode
17     public void setName(String value) {
18         this.name = value;
19     }
20
21 ...
```

Listing 3.10: JAXB - generierten Klassen mit Getter- und Setter-Methoden

Der Binding-Compiler generiert die Ausgabe in ein vom Anwender angegebenes Package. Neben den Klassen und Interfaces, die das XML-Schema repräsentieren, wird noch eine ObjectFactory-Klasse erzeugt. Diese Klasse ist in der Lage, neue Objekte zu instanziiieren, die einem Element des XML-Schemas entsprechen. Dieses neue Objekt kann vom Anwender dann mit Daten gefüllt und in die bestehende Hierarchie eingegliedert werden.

Der letzte Schritt ist der Unmarshal-Prozess, der die Elemente der ausgelesenen Daten der XML-Quelle in den ihrer Hierarchie entsprechenden Klassen speichert, die im Binding-Prozess generiert worden sind. Listing 3.11 verdeutlicht den Zusammenhang und bringt am Beispiel des Komotauer Landes (Komotau.gpx) einige Geodaten zur Ausgabe.

3 GPX und XML

```
1 ...
2
3 public static void main(String[] args) throws FileNotFoundException{
4     try {
5
6         SchemaFactory schemaFactory = SchemaFactory.newInstance(XMLConstants.
            W3C_XML_SCHEMA_NS_URI);
7         Schema schema = schemaFactory.newSchema(new File("schema/TopoGrafix.xsd"));
8
9         JAXBContext jc = JAXBContext.newInstance("gpx.jaxb");
10        Unmarshaller unmarshaller = jc.createUnmarshaller();
11        GpxType gpx = (GpxType) ((JAXBElement) unmarshaller.unmarshal(new FileInputStream
            ("gpx/Komotau.gpx"))).getValue();
12
13        unmarshaller.setSchema(schema);
14
15        System.out.println("MaxLat: " + gpx.getMetadata().getBounds().getMaxlat());
16
17        List wpt = gpx.getWpt();
18        for (Iterator iter = wpt.iterator(); iter.hasNext();) {
19            WptType geodata = (WptType) iter.next();
20            System.out.println("Name: " + geodata.getName());
21            System.out.println("Lat: " + geodata.getLat());
22            System.out.println("Lon: " + geodata.getLon());
23        }
24
25    } catch (JAXBException e) {
26        ...
27
28    Ausgabe: // Ergebnis des Quellcodes
29
30    MaxLat: 50.7070890           // max. Latitude aus den Metadaten
31    Name: 2. Grundmuehle, U Karla // Name des ersten Waypoints
32    Lat: 50.4962000             // Latitude von Grundmuehle
33    Lon: 13.3376500             // Longitude von Grundmuehle
34    Name: Alte Post
35    Lat: 50.3695000
36    Lon: 12.8202100
37    Name: Alte Schule
38    Lat: 50.4051500
39    Lon: 12.8346000
40    Name: Barbora
41    Lat: 50.7070890
42    Lon: 13.5659900 ...
```

Listing 3.11: JAXB - Unmarshal-Prozess

3.4 Fazit

Der vielschichtige Einsatz der Extensible Markup Language (XML) konnte das zurückliegende Kapitel wieder hervorheben. Der Facettenreichtum dieses Formats weitet sich dank des zunehmenden Internetaufkommens auch verstärkt in Bereiche der Geoinformationssysteme aus.

Die Verpackung des GPX-Formats unter dem Mantel von XML ist ein gelungenes Zusammenspiel auch unter dem Aspekt der herstellerepezifischen Erweiterungen hinsichtlich der verschiedenen GPS-Geräte.

Bei der Projektentwicklung bildete das offene Konzept von GPX und XML eine Entscheidungsbasis für das *Java Architecture for XML Binding*, das sich in Kombination mit Hibernate in das Gesamtkonzept dieser Diplomarbeit einfügt. Zusammengefaßt erzeugt der im JAXB enthaltene Compiler speziell angepaßten, sehr schnellen Quelltext, um ganz spezielle XML-Dateien zu lesen und zu schreiben.

4 Datenbankschema von ORACLE Spatial

Dieses Kapitel wird Untersuchungen darüber anstellen, inwieweit die Spatial Option in Verbindung mit dem einfachen Datenaustausch von Geodaten aus dem GPS eXchange Format genutzt werden kann.

Die Geschäftsfelder ortsbezogener Dienste greifen mit den gestiegenen Ansprüchen aus Wirtschaft und Alltag auch auf die Weiterentwicklung von Datenbanksystemen über. Die Entwicklung von *Oracle Multidimension* (MD) war Mitte der 90er Jahre erstmals verfügbar, die die Möglichkeit zur Speicherung mehrdimensionaler Daten bot. Später fand eine Umbenennung in *Oracle Spatial Data Option* (SDO) statt. Die Anpassung in der Version 8 von Oracle erforderte den Zusatz zum objektrelationalen Ansatz, der mit einer erneuten Umbenennung in *Oracle Spatial Cartridge* einherging. Die Funktionalität blieb jedoch trotz geänderter Bezeichnung gleich. Das Release 8.1.5 brachte die bislang letzte Namensänderung in *Oracle Spatial* mit sich. Die folgenden Versionen brachten Unterstützung hinsichtlich geographischer Koordinatensysteme, der Speicherung topologischer Daten, georeferenzierter Rasterdaten, EPSG-Koordinatensysteme und der Verfügbarkeit für 3D-Geodaten. [BRINK08]

Die Implementierung des Datenbankschemas von Oracle Spatial folgt der OGC - Spezifikation *Simple Features* und der ISO-Norm *SQL/MM Spatial*, die im Kapitel 2.1.6 vorgestellt wurden. Zwar weicht die Oracle-Implementierung in manchen Punkten von der Spezifikation ab, deren Semantik und Funktionalität werden jedoch vollständig umgesetzt. Die bedeutendste Abweichung ist die Repräsentierung aller Geometrietypen durch einen Datentyp (*SDO_GEOMETRY*).

Oracle Spatial 10g Express Edition (XE) bildet die Grundlage für weitere Betrachtungen in diesem Kapitel. Dies ist eine kostenfreie relationale Datenbank, die auf der Oracle Datenbank 10g Release 2 basiert und einigen technischen und sonstigen Einschränkungen unterliegt. Die Software kann von der Oracle Web-Seite heruntergeladen und mit eigenen Anwendungen frei weiterverteilt werden.

4.1 Geometrieschema

Die objektrelationale Implementierung von Oracle Spatial besteht aus einer Menge von Datentypen, Indizierungsmethoden und Operatoren auf diesen Typen, die die Repräsentation von Geometrien ermöglichen. Ein geometrisches Objekt wird als Objekt in einer Zeile und Spalte des Typs *SDO_GEOMETRY* gespeichert. Dieser Datentyp setzt sich grundlegend aus den folgenden drei primitiven Elementen zusammen:

- *Punkt (engl. Point):*
Ein Punkt kann beispielsweise dazu genutzt werden, interessante Orte wie Restaurants, Sehenswürdigkeiten oder Aussichtspunkte in der Natur festzuhalten. Gleichzusetzen mit dem *Waypoint*³⁰.
- *Linienzug (engl. LineString):*
Ein oder mehrere zusammengesetzte Paare von Punkten (Waypoints), die ein Liniensegment definieren. Anwendung findet ein Linienzug in der Aufzeichnung eines Straßensegments oder Weges. Auch in diesem Zusammenhang ist die *Route* oder der *Track*, bekannt aus Kapitel 3, zu nennen.
- *Polygon (engl. Polygon):*
Zusammengesetzt aus verbundenen Linienzügen, die einen geschlossenen Ring bilden und die Innenfläche einschließen. Als Beispiel könnte hier die Eingrenzung eines Gebietsschemas oder einer Region zu nennen sein.

Diese Elemente sind die Basisblöcke einer Geometrie. Jede Koordinate eines Elements ist mit seinen x,y-Werten gespeichert. Punkt-Daten bestehen nur aus einer Koordinate, Line Strings aus zwei und Polygone aus Koordinaten-Paar-Werten mit einem Scheitelpunkt für jedes Liniensegment. Eine Geometrie ist eine geordnete Anzahl an primitiven Elementen, die ein räumliches Objekt bilden. Beispielsweise könnte Bauland in einer Stadt durch ein Polygon mit Löchern beschrieben werden, bei denen Löcher, z.B. Wasser oder andere, den Bau verhindernde Gebiete, darstellen. Abbildung 4.1 illustriert die primitiven Elemente.

³⁰Waypoint und Wegpunkt werden im selben Kontext angewandt

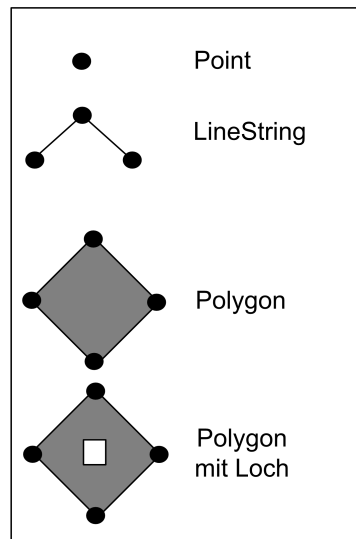


Abbildung 4.1: Oracle Spatial - primitive Geometrielemente
[KOTHU04]

Listing 4.1 beschreibt die Geometrieklasse SDO_GEOMETRY bestehend aus ihren Attributen und Werten:

1		
2		
3	Name	Typ
4		
5	SDO_GTYPE	NUMBER
6	SDO_SRID	NUMBER
7	SDO_POINT	MDSYS.SDO_POINT_TYPE
8	SDO_ELEM_INFO	MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY
9	SDO_ORDINATES	MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY

Listing 4.1: Oracle Spatial - Klasse SDO_GEOMETRY

SDO_GEOMETRY stellt dabei die generelle Geometrieklasse dar, die alle Objekte aus dem Simple-Feature-Modell definierten Klassen beinhaltet. Die Klasse wird durch das Schema MDSYS bereitgestellt. Der vollständige Name lautet MDSYS.SDO_GEOMETRY, wobei die Namensgebung MD für Oracle Multidimension historisch gewachsen ist. Die folgende Aufstellung erläutert die Attribute näher.

SDO_GTYPE gibt den Geometrietyp über eine vierstellige Zahl an, die durch das Format **dl0g** gekennzeichnet ist. Tabelle 4.1 listet diese auf:

Ziffer/Buchstabe	Beschreibung
d (Dimension)	2 = 2-D
	3 = 3-D
	4 = 4-D
l (lineares Bezugssystem)	Standardwert ist 0
g (Geometrietyp)	0 = nicht interpretierter Typ
	1 = Point (SFA: Point)
	2 = Line String (SFA: Curve und LineString)
	3 = Polygon (SFA: Polygon)
	4 = Collection (SFA: GeometryCollection)
	5 = Multipoint (SFA: MultiPoint)
	6 = Multiline (SFA: MultiCurve, MultiLineString)
	7 = Multipolygon (SFA: MultiPolygon)

Tabelle 4.1: Oracle Spatial - SDO_GTYPE

[KOTHU04]

SDO_SRID gibt die Schlüsselnummer des räumlichen Bezugssystems an. Das Attribut braucht nicht gesetzt werden. Im Abschnitt 2.1.5 wurde dieser Sachverhalt deutlich gemacht.

SDO_POINT stellt einen einzelnen Punkt (Geometrietyp 2001) im Raum dar.

1			
2			
3	Name	Typ	
4			
5	X	NUMBER	— x-Koordinate
6	Y	NUMBER	— y-Koordinate
7	Z	NUMBER	— z-Koordinate

Listing 4.2: Oracle Spatial - Attribut SDO_POINT

Die z-Koordinate wird bei zweidimensionalen Punkten nicht berücksichtigt. Wichtig anzumerken ist, daß bei der Verwendung von SDO_POINT die beiden folgenden Attribute (SDO_ELEM_INFO und SDO_ORDINATES) auf NULL gesetzt werden müssen. [BRINK08]

SDO_ORDINATES speichert alle Koordinaten einer Geometrie. Das Attribut ist vom Typ MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY, das einem Zahlenfeld entspricht (VARRAY(1048576) OF NUMBER). Die Speicherung mehrerer zweidimensionaler Koordinatenpaare würde der Reihenfolge nach so aussehen: x_1, x_2, y_1, y_2 . Die Koordinaten komplexerer Geometrien werden ebenfalls so angewendet, es findet allerdings über das Attribut SDO_ELEM_INFO eine nähere Interpretation statt. [BRINK08]

SDO_ELEM_INFO beschreibt wie bereits erwähnt die in SDO_ORDINATES enthaltenen Koordinatenwerte näher. Das Attribut ist vom Typ MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY, das ebenfalls einem Zahlenfeld entspricht (VARRAY(1048576) OF NUMBER). In diesem Feld werden die Zahlenwerte in einem sogenannten Tripel beschrieben. Der erste Wert aus einem Tripel wird SDO_STARTING_OFFSET genannt, der die aktuelle Position im Feld angibt, an der eine neue Geometrie beginnt. Der zweite Eintrag im Feld, der SDO_ETYPE, bezieht sich auf die Art der Teilgeometrie (Punkt, Linienzug etc.). Im dritten Feldeintrag wird mittels SDO_INTERPRETATION das Element aus SDO_ETYPE spezifiziert, das demzufolge vom SDO_ETYPE abhängig ist. [BRINK08] Tabelle 4.2 faßt die Verknüpfung beider Attribute noch einmal zusammen.

Name	Elementtyp SDO_ETYPE	SDO_INTER- PRETATION	SDO_ELEM_INFO (Index, Etype, Interpretation)
Point	1	1, $n > 1$	(1, 1, 1)
LineString	2	1 = gerade Linie	(1, 2, 1)
		2 = Bogen	(1, 2, 2)

Tabelle 4.2: Oracle Spatial - SDO_ELEM_INFO und SDO_ORDINATES

[KOTHU04]

Zum besseren Verständnis des oben erläuterten Sachverhalts stellt Listing 4.3 die praktische Anwendung an einem kurzen SQL-Statement vor.

```

1
2
3 CREATE TABLE Waypoints (
4   id_wpt NUMBER(10,0) NOT NULL,
5   geokoo MDSYS.SDO_GEOMETRY,
6   name VARCHAR2(4000),
7   cmt VARCHAR2(4000),
8   sym VARCHAR2(4000),
9   time VARCHAR2(4000),
10  CONSTRAINT pk_wpt PRIMARY KEY(id_wpt)
11 );
12
13 CREATE SEQUENCE seq_wpt
14 INCREMENT BY 1
15 START WITH 1
16 NOMAXVALUE
17 NOCYCLE
18 CACHE 10;
19
20 INSERT INTO Waypoints
21 (id_wpt, geokoo, time, name, cmt, sym)
22 VALUES
23 (seq.nextval,
24  MDSYS.SDO_GEOMETRY
25  (
26    2001,      — SDO_GTYPE Format: dI0g, 2001 für einen 2-dimensionalen Punkt
27    4326,      — SDO_SRID: geodetic, SRID 8307 und 4326 sind zu 8192 äquivalent
28    MDSYS.SDO_POINT_TYPE
29    (
30      50.4051500, — Wert für Latitude
31      12.8346000, — Wert für Longitude
32      NULL       — Punkt ist nicht 3-Dimensional, daher auf NULL gesetzt
33    ),
34    NULL,      — SDO_ELEM_INFO: nicht genutzt, wird NULL gesetzt
35    NULL      — SDO_ORDINATES: nicht genutzt, wird NULL gesetzt
36  ), 'Alte Schule', 'Bernard, not too bad', 'Restaurant', '2007-02-18T13:02:20Z'));
37
38 SELECT
39   id_wpt "ID",
40   wpt.geokoo.SDO_POINT.x "Breite",
41   wpt.geokoo.SDO_POINT.y "Länge",
42   name "Name",
43   cmt "Kommentar",
44   sym "Darstellungssymbol",
45   time "Zeitstempel"
46 FROM Waypoints wpt
47 WHERE name='Alte Schule'

```

Listing 4.3: Oracle Spatial - SQL-Statement von SDO_POINT

Abbildung 4.2 liefert die Ausgabe.

The screenshot shows the Oracle Database Express Edition interface. At the top, it says "ORACLE Database Express Edition". Below that, the user is identified as "Benutzer: SYSTEM". The navigation bar shows "Home > SQL > SQL-Befehle". There is a checkbox for "Autocommit" which is checked, and a dropdown menu for "Anzeige" set to "10". The SQL command entered is:

```
SELECT
  id_wpt "ID",
  wpt.geokoo.SDO_POINT.x "Breite",
  wpt.geokoo.SDO_POINT.y "Länge",
  name "Name",
  cmt "Kommentar",
  sym "Darstellungssymbol",
  time "Zeitstempel"
FROM WAYPOINTS wpt
WHERE name='Alte Schule'
```

Below the command, there are tabs for "Ergebnisse", "Explain", "Beschreiben", "Gespeichertes SQL", and "Historie". The "Ergebnisse" tab is selected, showing a table with 7 columns: ID, Breite, Länge, Name, Kommentar, Darstellungssymbol, and Zeitstempel. The table contains one row of data for the entry "Alte Schule".

ID	Breite	Länge	Name	Kommentar	Darstellungssymbol	Zeitstempel
23	50,40515	12,8346	Alte Schule	Bernard, not too bad	Restaurant	2007-02-18T13:02:20Z

At the bottom, it says "1 Zeilen zurückgegeben in 0,02 Sekunden" and provides a link for "CSV-Export".

Abbildung 4.2: Ergebnis der SQL-Anfrage aus Listing 4.3

4.2 Datenmodell

Die Betrachtungen zum Oracle Spatial Datenbankschema sollen in diesem Rahmen entsprechend den Anforderungen des Projekts belassen werden. Zur Gegenüberstellung: Das Buch Pro Oracle Spatial von [KOTHU04] umfaßt ziemlich genau 650 Seiten, in denen alle Funktionen und Geometrietypen bis ins Detail beleuchtet werden. Ausgehend von dem Wissensstand, den Abschnitt 4.1 vermittelte, geht es zur konkreten Umsetzung eines Datenmodells.

„Unter dem Entwurf einer Datenbank versteht man den Prozess der Umsetzung einer „Mini-Welt“ in ein Datenbankschema, welches dann in der Lage ist, diese Welt mit ihren Eigenschaften und Beziehungen zu simulieren“.³¹

³¹<http://www.modi-art.de/glossar/Datenbanken/Datenbankentwurf>

erster Gedanke war, den Punkt (Point) als eine Einheit zum *Waypoint* zu sehen, und der Linienzug, zusammengesetzt aus mehreren Punkten, sollte als Träger einer *Route* oder eines *Tracks* fungieren.

Diese Idee galt es auf das Datenbankschema von Oracle Spatial umzusetzen. Dafür bietet die Klasse SDO_GEOMETRY das Attribut SDO_POINT für den einzelnen Wegpunkt, und für den Linienzug kommt das Attribut SDO_ORDINATES zur Anwendung, das mehrere Punkte verwalten kann. Das Listing 4.3 (SQL-Statement von SDO_POINT) konnte anhand eines Minimalbeipfels die gute Integrierung eines Wegpunktes in die bestehende Struktur bereits beweisen. Das Ergebnis bei der Arbeit mit dem Attribut SDO_ORDINATES war konfliktreicher. Eine weitere Idee bestand darin, diese Eigenschaft der Klasse kombiniert zu nutzen. Am folgenden SQL-Statement wird das deutlich:

```

1
2
3 MDSYS.SDO_GEOMETRY
4 (
5     2001,      — SDO_GTYPE Format: dlog, 2001 für einen 2-dimensionalen Punkt
6     4326,      — SDO_SRID: geodetic, SRID 8307 und 4326 sind zu 8192 äquivalent
7     NULL,      — SDO_POINT Attribut ist NULL gesetzt
8     MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY — SDO_ELEM_INFO Attribut
9     (
10         1,      — SDO_STARTING_OFFSET, Indexierung des Koordinatenfeldes
11         1,      — SDO_ETYPE – Elementtyp "1" entspricht Point
12         25      — SDO_INTERPRETATION – Element Punkt (Anzahl(n) 25)
13     ),
14     MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY — SDO_ORDINATES Attribut
15     (
16         50.4051500, — Wert für Latitude "'Alte Schule"' => x1
17         12.8346000, — Wert für Longitude "'Alte Schule"' => y1
18         50.6358355, — Wert für Latitude "'Berghof"' => x2
19         13.2363873, — Wert für Longitude "'Berghof"' => y2
20     )
21 )
22 );

```

Listing 4.4: Oracle Spatial - SQL-Statement von SDO_ORDINATES

Listing 4.4 implementiert gewissermaßen den gleichen Kontext wie Listing 4.3, nur mit der Erweiterung mehrere Koordinatenpaare speichern zu können. Wenn nun das *GTY-PE*-Attribut durch den Wert »2002« (Linienzug) ersetzt wird, ist man lt. Tabelle 4.2 an die Vorgabe (1, 2, 1 oder 1, 2, 2) gebunden, d.h., es besteht keine Möglichkeit dem

Linienzug einzelne Punkte zuzuweisen, um diese dann über den Index zu verknüpfen.

Letztendlich besteht aber jeder Track oder jede Route aus einzelnen Wegpunkten. Aus dem Grund kam für die Betrachtung Oracle Spatial lt. Abbildung 4.3 ausschließlich das Klassenattribut `MDSYS.SDO_POINT` zur Implementierung.

Aus der Forderung, jedem Waypoint Bilder - das sogenannte Geotagging - zuordnen zu können, wurde das Datenbankdiagramm durch eine Tabelle *Pictures* ergänzt, die in einer 1:1 Relation mit der Tabelle *Waypoint* steht. Die GPX-Struktur bietet zwar die Option, einen Link zu einem Bild o.ä. zu setzen, aber die Möglichkeit einem Waypoint direkt und dauerhaft ein Bild zuzuordnen, besteht nicht. Deshalb wurde eine Spalte *picture*, definiert durch ein BLOB (Binary Large Object), angelegt, in dem ein Foto zugehörig zum entsprechenden Waypoint gespeichert werden kann.

4.3 Projektentwicklung

In diesem Abschnitt wird nur kurz auf den zweiten Teil des Projekts, die Verwirklichung der Anbindung von Java zu Oracle, eingegangen. Bei dem Transfer der Daten zwischen Java und der Datenbank Oracle gibt es weit weniger Technologieansätze im Gegensatz zum ersten Projektteil, dem Datenaustausch zwischen GPX und Java.

4.3.1 Problemstellung

Da nach wie vor das Konzept einer plattformunabhängigen Einheit hinsichtlich des Projekts aufrechterhalten werden soll, lassen sich in dem Zuge generell zwei Ansatzpunkte verfolgen. Zum einen die herkömmliche Verbindung über JDBC (Java Database Connectivity) und zum anderen die Kommunikation mittels des Open-Source-Projekts Hibernate³². Beide Varianten sind Java basierend, aber besitzen eine völlig andere Struktur und Strategie. Wie wurde Persistenz in typischen Java-Projekten bisher gehandhabt? Man musste sich selber um die Beschaffung und Verwaltung von Connections kümmern. Für alle Operationen (select, insert, update, delete) wurden mehr oder weniger abstrahiert Unmengen von Methoden in separaten Klassen implementiert. Statements wurden mehr oder weniger effizient von Hand zusammengebaut.

³²Open-Source-Persistenz-Framework für Java.

Hibernate verfolgt den Ansatz transparenter Persistenz mit POJOs (Plain Old Java Object). Um persistente Objekte in Datenbanken speichern zu können, werden seit langem sogenannte objektrelationale Mapper (OR-Mapper) verwendet [BEEG et al. 07]. Hibernate ist ein solcher OR-Mapper. Der Aufbau der Klassen erfolgt in der JavaBeans Spezifikation, d.h. zu jedem Attribut gibt es eine sogenannte Setter(setzen)- und eine Getter(lesen)-Methode. Hier dienen die generierten Klassen der JAXB Spezifikation als Grundlage. Damit eine gemappte Klasse korrekt funktioniert, müssen folgende Punkte immer gegeben sein:

- Serializable implementieren
- Konstruktor ohne Parameter (Defaultkonstruktor)
- eine ordentliche toString-Methode

Das Serialisieren ist eine sehr komfortable Möglichkeit, ein ganzes Geflecht von Objekten in eine „serielle Form“ einer Folge von Bytes zu bringen, die sich zum Speichern oder zum Transfer eignet. Auf diese Weise läßt sich auch die Persistenz von Objekten implementieren, das ist das „Fortleben“ von Objekten über einen einzigen Programmlauf hinaus. Die Methode *toString* macht nichts anderes, als eine für den Menschen lesbare Darstellung des Objekts als Textstring zu erzeugen.

4.4 Fazit

Das Geometrieschema von Oracle Spatial hält vor Augen, daß eine Korrespondenz zur OGC-Spezifikation besteht und somit eine Anknüpfung an bereits bestehende Standards gewährleistet ist.

Die Möglichkeiten, die das Datenbankschema von Oracle Spatial bietet, konnten im Rahmen der Schwerpunktthematik GPX nur teilweise genutzt werden, aber dennoch ist der objektorientierte Ansatz der zukünftige Weg, um die zunehmenden Anforderungen an ein Geographisches Informationssystem abzufangen.

Mit Hibernate konnte das Gesamtkonzept eines Java-basierenden Projekts vervollständigt werden, so daß die Synthese der alternativen Kommunikationsschnittstellen - JAXB und Hibernate - im Zuge dieser Arbeit umgesetzt wurde.

5 Projekt

Die Überschrift *Projekt* ist in diesem und letzten Kapitel als Oberbegriff für die Umsetzung angesichts des theoretischen und praktischen Teils dieser Diplomarbeit anzusehen. Dabei wird kurz auf die verwendete Software eingegangen, das Ausgangsszenario dieser Arbeit beleuchtet sowie ein kleines Pflichtenheft zur Java-Applikation vorgestellt.

5.1 Verwendete Software

Folgende Software bzw. Softwarekomponenten wurden im Rahmen dieser Arbeit für die Entwicklung dieses Projekts verwendet:

Software	Version	Beschreibung
Eclipse ³³	3.4.1	Programmieroberfläche
JAXB ³⁴	2.0/2.1	Binding XML-Schema
Hibernate Core ³⁵	3.3.1.GA	Kommunikation zu Oracle
Oracle Database 10g XE ³⁶	10.2.0.1.0	verwendete DB
OziExplorer ³⁷	3.95.4m Trial	GPS Karten-Software
G7ToWin ³⁸	A.00.201	GPS Interface Software for the PC
JRE ³⁹	1.6.0_03	Java Runtime
Altova XML Spy ⁴⁰	2008 Trial	XML Editor (XML Schema)

Tabelle 5.1: Aufstellung verwendeter Software

³³<http://www.eclipse.org/>

³⁴<https://jaxb.dev.java.net/>

³⁵<https://www.hibernate.org/>

³⁶<http://www.oracle.com/technology/products/database/xe/index.html>

³⁷http://www.ozexplorer3.com/loc/ger/ozexp_ger.html

³⁸<http://www.gpsinformation.org/ronh/g7towin.htm>

³⁹<http://www.java.com/de/download/>

⁴⁰<http://www.altova.com/simpliedownload2c.html>

5.2 Ausgangsszenario

Ausgangspunkt ist eine von Prof. Dr. rer. biol. hum. Rudolf Stübner zur Verfügung gestellte GPX-Datei, die die Grundlage für dieses Projekt bildet. Grundsätzlich setzt das Projekt mit Hilfe der GPX-Datei das Zusammenspiel, angelehnt an Abbildung 2.1, zwischen dem Datenformat GPX und der Datenbank Oracle (Spatial Cartridge), um.

5.3 Pflichtenheft

Dieser Abschnitt befaßt sich mit den Anforderungen an die Java-Applikation, mit der Bezeichnung *SpatialViewer*.

- Mußkriterien:
 - das Ein- und Auslesen von GPX-Dateien mit der Endung .gpx
 - die Anzeige erfaßter Geodaten
 - die Speicherung der Geodaten in einer Oracle Datenbank
 - das Abfragen der gespeicherten Daten
- Wunschkriterien:
 - das Ablegen von Fotos zu den entsprechenden Geoinformationen
 - die Implementierung eines Query-Analyzers

Glossar

Geo-Datenbanksysteme

Räumliche Datenbanksysteme (engl.: Spatial Database Systems) sind ein elementarer Bestandteil von Geographischen Informationssystemen (GIS). In einem Geodatenbanksystem werden Geoobjekte gespeichert.

Geodaten

Geodaten sind digitale Informationen, welchen auf der Erdoberfläche eine bestimmte räumliche Lage zugewiesen werden kann (Geoinformationen, Geobezug).

Geodätisches Datum

Als geodätisches Datum wird in der Geodäsie und Kartographie ein Satz von Parametern bezeichnet, der ein Erd- oder Referenzellipsoid definiert sowie dessen genaue Lage und Orientierung relativ zum Erdkörper festlegt.

Geographische Informationssysteme (GIS)

Ein Geoinformationssystem (Kurzform GIS) oder Geographisches Informationssystem (engl. Geographic Information System) stellt ein Informationssystem zur Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Darstellung von räumlichen Daten dar.

geographische Koordinaten

Damit ist die Aufteilung der Erde in Längengrade und Breitengrade gemeint.

geographisches Objekt

Ein geographisches Objekt ist ein materielles oder ideelles Phänomen der Realität, wie es durch ein Subjekt wahrgenommen und interpretiert wird. Die Vorsilbe geo-impliziert die Notwendigkeit eines Raumbezugs auf der Erde.

GPS

Ein Global Positioning System, (deutsch: Globales Positionsbestimmungssystem) (GPS) ist jedes weltweite, satellitengestützte Navigationssystem.

GPS eXchange Format (GPX)

Das GPS Exchange Format (kurz GPX) ist ein Datenformat zur Speicherung von Geodaten (GPS-Daten), das von der Firma TopoGrafix entwickelt wurde. Es basiert auf dem allgemeinen XML-Standard.

Latitude

Beschreibt den Winkel, der sich zwischen Erdmittelpunkt, dem gesuchten Punkt P und dem Äquator aufspannt.

Longitude

Bezeichnet den Winkel, der sich zwischen Erdmittelpunkt, dem gesuchten Punkt P und dem Nullmeridian ergibt.

Marshalling

Das Marshalling ist das Verpacken der Daten. Der Marshall-Prozess bildet die Java-Objekte und ihre Inhalte in XML ab.

Mobile GIS

Die Verfügbarkeit von GIS Daten auf einem mobilen Endgerät.

Namespace

Namespace schafft also einen gemeinsamen Kontext für eine Menge von Elementen, Attributen und Datentypen. Ziel ist die einheitliche und eindeutige Bezeichnung der Elemente.

Open Geospatial Consortium (OGC)

Das OGC ist ein Zusammenschluß führender GIS-Hersteller (inkl. zum Beispiel ORACLE etc.) mit dem Zweck der Standardisierung von GIS-Techniken und vor allem Datenformaten sowie zur Förderung der GIS-Technologie.

Open GIS Consortium

Gegründet 1994, 2004 umbenannt in Open Geospatial Consortium (OGC),
siehe Open Geospatial Consortium (OGC).

Rastermodell

In einem Rastermodell wird der Interessensbereich in Teilflächen, typischerweise in quadratische oder rechteckige Gitterzellen (Pixel), zerlegt.

Spatial Cartridge

Seit der Version Oracle8i Spatial Release 8.1.5 setzt Oracle den objektorientierten Gedanken zur Speicherung und Verwaltung von raumbezogenen Daten konsequent um.

Unmarshalling

Das Unmarshalling ist das Entpacken der Datenquelle. Während des Unmarshalling-Prozesses werden die Elemente des XML-Dokuments und ihre Inhalte in Instanzen der Java-Objekte umgesetzt, die während des Binding-Prozesses generiert wurden.

Vektormodell

Beim Vektormodell wird von einem Ursprung ausgehend ein Punkt beschrieben, an dem ein Linienzug beginnt. Von diesem Punkt wird wiederum durch einen Vektor der nächste Punkt angegeben u.s.w., bis das gesamt darzustellende Objekt beschrieben ist.

Waypoint

Ein Waypoint beschreibt einen Punkt, dessen Bestandteile sind die Position, beschrieben durch einen Koordinatensatz und weitere Merkmale wie Identifikation (ID), Name, Beschreibung und Symbol.

WGS 84

Das World Geodetic System 1984 (WGS 84) ist ein geodätisches Referenzsystem zur Positionsangabe auf der Erde.

Anlagen

Dieser Arbeit ist eine CD-ROM beigelegt. Unter dem Wurzelverzeichnis der CD-ROM befinden sich Ordner mit folgendem Inhalt:

Inhalt(Ordnerstruktur):

Ordnername	Beschreibung
<i>Project</i>	praktische Teil der Diplomarbeit
SpatialViewer	Start des Projekts
DB	SQL-Skripte
Java-Files	alle *.java Dateien
Source	komplette Quellcode zum Projekt
Javadoc	Projekt-Dokumentation
UML	UML-Diagramme
<i>Script</i>	Script zur Diplomarbeit (PDF)
Abb	Abbildungen zum Script
Gpx	TopoGrafix/Garmin-Schemadefinitionen
<i>Web</i>	Internet-Quellen zur Diplomarbeit
HTML	heruntergeladene HTML-Seiten
PDF	heruntergeladene PDF-Dokumente
<i>EPSG</i>	Datenbank mit EPSG-Codes

Tabelle 5.1: Inhalt und Ordnerstruktur der CD-ROM

Internetverzeichnis

- [I:BLM02] Bayerisches Landesvermessungsamt München: *UTM-Koordinaten*,
http://www.geodaten.bayern.de/bvv_web/downloads/UTM-AbbildungenundKoordinaten.pdf,
verfügbar am 19.04.2009
- [I:GARMIN] Garmin - mobile Navigation: *Unternehmensprofil Garmin*,
<http://www.garmin.com/garmin/cms/site/de/uebergarmin/>,
verfügbar am 02.04.2009
- [I:GEOIS01] Geoinformatik-Service: *Open Geospatial Consortium*,
<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=-1287490153>, verfügbar am 09.01.2009
- [I:GEOIS02] Geoinformatik-Service: *Geoobjekt*,
<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=1072036262>, verfügbar am 12.01.2009
- [I:GEOIS03] Geoinformatik-Service: *ISO/TC211*,
<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=84254593>, verfügbar am 08.02.2009
- [I:GEOIS04] Geoinformatik-Service: *Abstrakte Spezifikation*,
<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=704174543>, verfügbar am 24.03.2009
- [I:GEOIS05] Geoinformatik-Service: *Implementierungsspezifikation*,
<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=-687155663>, verfügbar am 24.04.2009

- [I:GEOIS06] Geoinformatik-Service: *Georeferenzierung*,
<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=803>,
verfügbar am 20.04.2009
- [I:GEOIS07] Geoinformatik-Service: *Geokodierung*,
<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=760>,
verfügbar am 20.04.2009
- [I:GOOEARTH] Google Earth: *Satellitenbilder, Karten, Geländeformationen*,
<http://earth.google.de>, verfügbar am 18.03.2009
- [I:ISO01] International Organization for Standardization (ISO):
ISO Standard 19103:2005,
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc.htm,
verfügbar am 17.03.2009
- [I:ISO02] International Organization for Standardization (ISO):
ISO Standard 19107:2003,
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc.htm,
verfügbar am 17.03.2009
- [I:ISO03] International Organization for Standardization (ISO):
ISO Standard 19111:2007,
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc.htm,
verfügbar am 17.03.2009
- [I:ISO04] International Organization for Standardization (ISO):
ISO Standard 19115:2003,
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc.htm,
verfügbar am 17.03.2009
- [I:KLOECK09] MEDIA-TOURS - Jens Klöckner: *UTM-Koordinaten*,
http://www.wegeundpunkte.de/gps.php?content=koordinaten_karten, verfügbar am 31.03.2009
- [I:KOMPF] Martin Kompf: *Geographische Koordinaten*,
<http://www.kompf.de>, verfügbar am 26.04.2009

- [I:OGC] The Open Geospatial Consortium, Inc.® (OGC):
Open Geospatial Consortium,
<http://www.opengeospatial.org/>, verfügbar am 02.03.2009
- [I:OGCSFA] The Open Geospatial Consortium, Inc.® (OGC):
Simple Feature Access - Part 1: Common Architecture,
<http://www.opengeospatial.org/standards/sfa>,
verfügbar am 02.03.2009
- [I:OGCSFS] The Open Geospatial Consortium, Inc.® (OGC):
Simple Feature Access - Part 2: SQL Option, Version: 1.2.0, Datum: 10.05.2006, <http://www.opengeospatial.org/standards/sfs>,
verfügbar am 02.03.2009
- [I:ORACLE] Oracle - Oracle Spatial Documentation:
Oracle® Spatial User's Guide and Reference, 10g Release 2,
<http://www.oracle.com/technology/documentation/spatial.html>, verfügbar am 19.02.2009
- [I:OSM] OpenStreetMap - die freie Wiki-Weltkarte: *OpenStreetMap*,
<http://www.openstreetmap.de>, verfügbar am 19.12.2008
- [I:OZI] OziExplorer: *GPS Karten-Software*,
http://www.ozexplorer3.com/loc/ger/ozexp_ger.html,
verfügbar am 03.02.2009
- [I:RWO] RWO Media: *The World Dubai*,
<http://www.theworld.dubai-city.de/>, verfügbar am 03.05.2009
- [I:SUN] Sun microsystems: *JAXB*,
<http://java.sun.com/developer/technicalArticles/WebServices/jaxb/>, verfügbar am 25.04.2009
- [I:TOPO] TopoGrafix: *GPS Map Software for CAD, GIS, Outdoor Recreation, and Geocaching*,
<http://www.topografix.com>, verfügbar am 21.12.2008

- [I:W3C] World Wide Web Consortium: *W3C*,
<http://www.w3.org/>, verfügbar am 23.03.2009
- [I:WIKI01] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *Global Positioning System*,
http://de.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System,
verfügbar am 02.01.2009
- [I:WIKI02] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *GPS eXchange Format*,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Gpx>, verfügbar am 16.12.2008
- [I:WIKI03] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *Geoinformationssystem*,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Geoinformationssystem>,
verfügbar am 29.12.2008
- [I:WIKI04] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *Geodaten*,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Geodaten>, verfügbar am 12.01.2009
- [I:WIKI05] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *Galileo (Satellitennavigation)*,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Galileo>, verfügbar am 10.01.2009
- [I:WIKI06] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *Google Earth*,
http://de.wikipedia.org/wiki/Google_Earth,
verfügbar am 14.02.2009
- [I:WIKI07] Wikipedia - die freie Enzyklopädie:
EVA-Prinzip (Eingabe - Verarbeitung - Ausgabe),
<http://de.wikipedia.org/wiki/EVA-Prinzip>,
verfügbar am 12.01.2009
- [I:WIKI08] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *Modell*,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Modell>, verfügbar am 12.01.2009
- [I:WIKI09] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *Koordinatenumrechnung*,
[http://www.cachewiki.de/wiki/Koordinaten#](http://www.cachewiki.de/wiki/Koordinaten#Koordinatensysteme)
Koordinatensysteme, verfügbar am 21.03.2009
- [I:WIKI10] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *UTM-Zonen*,
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/19/](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/19/Utmzonenugitterp.png)
Utmzonenugitterp.png, verfügbar am 21.03.2009

- [I:WIKI11] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *EPSG*,
<http://de.wikipedia.org/wiki/EPSG>, verfügbar am 15.03.2009
- [I:WIKI12] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *GPS*,
http://de.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System,
verfügbar am 15.02.2009
- [I:WIKI13] Wikipedia - die freie Enzyklopädie: *Geo-Imaging*, *Geotagging*,
<http://de.wikipedia.org/wiki/Geo-Imaging>,
verfügbar am 21.04.2009

Literaturverzeichnis

- [BRINK08] Thomas Brinkhoff: *Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis*,
Herbert Wichmann Verlag, Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH,
Paderborn 2008
- [BILL99] Prof. Dr. Ing. Ralf Bill: *Grundlagen der Geo-Informationssysteme Band 1: Hardware, Software und Daten*,
4., völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage 1999, Wichmann Verlag
Heidelberg
- [BEEG et al. 07] Robert F. Beeger, Arno Haase, Stefan Roock, Sebastian Sanitz: *Hibernate - Persistenz in Java-Systemen mit Hibernate und der Java Persistence API*,
2., überarbeitete und erweiterte Auflage 2007, dpunkt.verlag GmbH, Copyright 2007©
- [LAUSEN05] Prof. Dr. Georg Lausen: *Datenbanken, Grundlagen und XML-Technologien*,
1. Auflage 2005, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- [KOTHU04] Ravi Kothuri, Albert Godfrind, Euro Beinat: *Pro Oracle Spatial*,
Springer-Verlag 2004
- [MICHA et al. 07] Samuel Michaelis, Wolfgang Schmiesing: *JAXB 2.0 - Ein Programmier-tutorial*,
Carl Hanser Verlag München Wien, 2007
- [POMA99] Steven Ponndorf, Wolf-Gert Matthäus: *Oracle 8i und Java*,
©1999 Addison Wesley Longman Verlag GmbH

- [SAAKE et al. 97] Saake, G., Türker, C., Schmitt I.: *Objektdatenbanken*,
International Thomson Publishing, Bonn 1997
- [SPC] SPC TEIA Lehrbuch Verlag GmbH: *www.teia.de - SQL*,
druckhaus köthen, 2002
- [STUEB09] Prof. Dr. rer. biol. hum. Rudolf Stübner:
Vorlesungs- und Studienmaterial,
Prof. an der Hochschule Mittweida (FH),
Vorlesungen - Datenbanken und Geographische Informationssysteme

Stichwortverzeichnis

A

Abstrakte Spezifikation	25
ACID	37
Attribute	47
Azimutalabbildung	18

B

Bildbearbeitung	11
Binary Large Object	74
BLOB	74
Bogenminuten	15
Bogensekunden	15
Breitengrad	15

D

Data Definition Language	36
Data Manipulation Language	36
Data Query Language	36
Datenaustausch	44
Datenbank	35
Datenbank-Management-System	35
Datenbank-Schema	36, 38
Datenbankmodell	35
Datenbanksysteme	35
Datenformat	29
Datensicherheit	34
Datenunabhängigkeit	34

Dezimalgrad	15
Dimensionen von Geoobjekten	9
DOM	56

E

Eigenschaften von Geodaten	7
Ellipsoid	13
EPSG	22
EVAP	5

F

Feature-Geometry-Modell	25
Fugawi	33f

G

Galileo	29
Garmin	30
Garmin-Schema-Definition	49
Gauß-Krüger-Methode	18
Geo-Datenbanksysteme	34
Geo-Imaging	30
Geocaching	30
Geodaten	2
Geodatenerfassung	29
geographische Breite	13
Geographische Informationssysteme ...	2
geographische Koordinaten	12

geographische Länge	13
geographisches Objekt	2
Geokodierung	30
Geometry	25
Georeferenzierung	30
Geotagging	30
GIS	2
GML	32
Google Earth	3
GPS	29
GPS eXchange Format	44
GPS-Navigation	31
GPX	44
GPX-Struktur	52

H

Hibernate	56, 74
-----------------	--------

I

Implementierungsspezifikation	25
Informationssystem	2
ISO-Norm	23

J

JAXB	56, 58
JDBC	74

K

Kartenmaterial	34
Kartographie	14
KML	32
Kommunales Informationssystem	3
Koordinatensysteme	12
Koordinatentransformation	14

L

Längengrad	15
------------------	----

Landinformationssysteme	3
Latitude	13
LineString	65
Longitude	13

M

Magellan	30
Marshalling	59
MDSYS.SDO_GEOMETRY	66
Mehrbenutzerbetrieb	36
Meridianstreifensystem	18
Mobile GIS	30

N

Namensraum	48, 51
Namespace	51
Netzinformationssystem	3

O

Open Geospatial Consortium	23
OpenStreetMap	4
Oracle Constraints	42
Oracle Datentypen	41
Oracle Multidimension	64, 66
Oracle Spatial	64
Oracle Spatial Cartridge	64
Oracle Spatial Data Option	64
Overlay	33

P

PCX5	33
Point	65
POIs	31
Polygon	65

R

Räumliche Bezugssysteme	12
-------------------------------	----

Rastermodell	10	well-formed	47
Root-Element	47	WGS84	13
Route	31		
S		X	
Satellitenaufnahmen	11	XJC	60
SAX	56	XML	44
Schemadefinition	48	XML Schema Definition	48
SDO_GEOMETRY	64	XML-Deklaration	47
Simple-Feature-Access	26	XML-Namensraum	48
Spatial Database Systems	34	XML-Schema	48
Spatial Schema	25	XSD	48
SQL/MM	24		
SQL/MM Spatial	27		
SQL:1999	24		
SQL:2003	24		
standardisierte GIS	22		
T			
The World Dubai	4		
TopoGrafix	44		
TopoGrafix-Schema	60		
Track	31		
Transaktionen	36		
U			
Unmarshalling	59		
UTM-Gitter	17		
UTM-Koordinaten	17		
V			
Vektormodell	8		
W			
Waypoint	31		
Wegpunkt	31		

Erklärung

Ich erkläre, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Mittweida, den

Markus Gran